Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

L'ACIDE SULFURIQUE ET L'OLÉUM

Canada

Février 1984

85-0081/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

L'ACIDE SULFURIQUE ET L'OLÉUM

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES
DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

OTTAWA
FÉVRIER 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

85-M011

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Sulphuric Acid and Oleum
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

Imprimé
par le ministère des Approvisionnements et Services
N° de catalogue: En 48-10/1-1984F
ISBN 0-662-92597-1

©
Ministre des Approvisionnements et Services
1984

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes,organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne de fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VII
	Abréviations et symboles	VIII
	Définitions	IX
	Sigles	X
1	**Résumé**	
1.1	Acide sulfurique (H_2SO_4)	1
1.2	Oléum ($H_2SO_4 + SO_3$)	2
2	**Propriétés physiques et chimiques**	
3	**Production, transport et commerce**	
3.1	Qualités et titres des produits	10
3.1.1	Acide sulfurique	10
3.1.2	Oléum	10
3.2	Fabricants situés au Canada	10
3.2.1	Fabricants d'acide sulfurique	10
3.2.2	Fabricants d'oléum	10
3.3	Autres fournisseurs	10
3.4	Itinéraires utilisés pour le transport	11
3.5	Volume de production	11
3.6	Développement de l'industrie	12
3.7	Fabrication industrielle	12
3.7.1	Information générale	12
3.7.2	Procédé de fabrication	12
3.8	Principales utilisations au Canada	12
3.9	Principaux acheteurs au Canada	12
4	**Manutention du produit et compatibilité**	
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	14
4.1.1	Transport en vrac	14
4.1.1.1	Wagons-citernes	14
4.1.1.2	Véhicules-citernes routiers	18
4.1.2	Transport en fûts	20
4.2	Déchargement	20
4.2.1	Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes	20
4.2.2	Matériel et procédés de déchargement des véhicules-citernes routiers	21
4.2.3	Matériaux de fabrication des organes de déchargement	23
4.3	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	23
5	**Fuite et migration du polluant**	
5.1	Aperçu général	32
5.2	Fuite du produit	32
5.2.1	Introduction	32
5.2.2	Nomogrammes relatifs aux fuites	33
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps	33
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement	33
5.2.3	Exemples de calcul	33
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	34
5.3.1	Introduction	34
5.3.2	Nomogrammes de diffusion du panache de vapeurs	37
5.3.2.1	Débit d'émission de vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température	37

5.3.2.2	Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	40
5.3.2.3	Demi-largeur maximale du panache dangereux	42
5.3.2.4	Distance parcourue par le panache, en fonction du temps écoulé	43
5.3.3	Exemple de calcul	43
5.4	Comportement dans l'eau	47
5.4.1	Introduction	47
5.4.2	Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau	47
5.4.2.1	Diffusion dans les rivières non soumises aux marées	49
5.4.2.2	Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	49
5.4.3	Exemples de calcul	49
5.4.3.1	Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées	49
5.4.3.2	Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)	50
5.5	Comportement dans la subsurface	50
5.5.1	Introduction	50
5.5.2	Migration du polluant dans la zone non saturée	60
5.5.3	Migration du polluant dans la zone saturée	60
5.5.4	Types de sol	60
5.5.5	Nomogrammes de migration	60
5.5.6	Exemple de calcul	65
6	**Protection de l'environnement**	
6.1	Limites maximales admissibles	66
6.1.1	Qualité de l'eau	66
6.1.1.1	Situation au Canada	66
6.1.1.2	Situation ailleurs dans le monde	66
6.1.2	Qualité de l'air	66
6.1.2.1	Situation en Ontario	66
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	66
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux U.S.A.	66
6.2.2	Toxicité en eau douce	66
6.2.3	Toxicité en eau salée	67
6.3	Toxicité pour d'autres espèces vivantes	67
6.3.1	Toxicité pour le bétail	67
6.3.2	Toxicité pour les végétaux	67
6.3.2.1	Études sur les végétaux	68
6.4	Autre toxicité dans l'air et sur terre	68
6.5	Études sur les effets toxiques	68
6.6	Dégradation du polluant	69
6.7	Devenir et effets à long terme	69
6.8	Effets sur le sol	69
6.8.1	Dégradation des matériaux du sol	69
6.8.2	Chimie du sol	69
6.9	Autres effets	69
6.9.1	Effet possible sur un procédé d'épuration des eaux	69
7	**Protection de la santé**	70
7.1	Normes d'exposition recommandées	70
7.2	Données sur les propriétés irritantes	71
7.2.1	Contact avec la peau	71
7.2.2	Contact avec les yeux	71
7.3	Seuil de perception des caractères organoleptiques	72
7.3.1	Odeur	72
7.3.2	Goût	72
7.4	Études à long terme	72
7.4.1	Inhalation	72
7.4.2	Ingestion	79
7.4.3	Tératogénicité	79
7.5	Symptômes d'intoxication	80
7.5.1	Inhalation	80

7.5.2	Ingestion	81
7.5.3	Contact avec la peau	81
7.5.4	Contact avec les yeux	81
7.6	Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme	81
7.6.1	Hydrogène et dioxyde de soufre	82
8	**Compatibilité chimique**	
8.1	Compatibilité entre l'acide sulfurique et divers produits chimiques	83
8.2	Compatibilité entre l'oléum et divers produits chimiques	88
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	
9.1	Mesures recommandées	89
9.1.1	Risques d'incendie	89
9.1.2	Moyens d'extinction	89
9.1.3	Évacuation de la zone dangereuse	89
9.1.4	Mesures d'intervention en cas de déversements	90
9.1.4.1	Information générale	90
9.1.4.2	Déversements sur le sol	90
9.1.5	Nettoyage et traitement	90
9.1.5.1	Déversements dans l'eau	90
9.1.5.2	Information générale	90
9.1.6	Élimination du polluant	90
9.1.7	Appareils et vêtements de protection	91
9.1.8	Précautions spéciales	92
9.2	Équipement et produits spécialisés d'intervention	92
10	**Cas de déversements accidentels**	
10.1	Renversement d'un camion-citerne	93
10.2	Bris d'un réservoir de stockage	93
11	**Identification et dosage des polluants**	
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air (analyses quantitatives)	94
11.1.1	Titrage	94
11.1.2	Chromatographie d'échange d'ions	94
11.1.3	Photométrie de flamme	95
11.2	Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)	95
11.3	Dosage du polluant présent dans l'eau (analyses quantitatives)	95
11.3.1	Gravimétrie	95
11.3.2	Turbidimétrie	95
11.4	Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)	96
11.5	Dosage du polluant présent dans le sol (analyses quantitatives)	96
11.5.1	Chromatographie d'échange d'ions	96
11.5.2	Gravimétrie	96
11.5.3	Turbidimétrie	96
11.6	Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)	96
12	**Références et bibliographie**	
12.1	Références	98
12.2	Bibliographie	104

LISTE DES FIGURES

1 Masse volumique du liquide en fonction de la température 7
2 Viscosité du liquide en fonction de la température 7
3 Diagramme de phase 3
4 Wagon-citerne – classe 103 AW 16
5 Wagon-citerne – classe 111A100W2 17
6 Fûts typiques 22
7 Wagon-citerne percé dans le bas 33
8 Pourcentage de liquide restant/temps d'écoulement 35
9 Débit de fuite/temps d'écoulement 35
10 Formation d'un panache de vapeurs 36
11 Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse 38
12 Débit d'émission de vapeurs à différentes températures en fonction du rayon de la nappe 39
13 Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent 41
14 Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé 44
15 Zone dangereuse maximale sous un vent invariable 46
16 Zone dangereuse maximale sous un vent variable 46
17 Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées 48
18 Distance en fonction du temps 51
19 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal 52
20 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique 53
21 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente 54
22 Delta en fonction de alpha 55
23 Teneur maximale en fonction de delta 56
24 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique 57
25 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau 58
26 Migration dans le sous-sol 59
27 Plan d'utilisation des nomogrammes 61
28 Migration dans du sable grossier 62
29 Migration dans du sable limoneux 63
30 Migration dans un till argileux 64

LISTE DES TABLEAUX

1 Nomogrammes de conversion 6
2 Spécifications relatives aux wagons-citernes 14
3 Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 103AW 18
4 Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 111A100W2 19
5 Spécifications relatives aux véchicules-citernes routiers 20
6 Fûts utilisés pour l'oléum 21
7 Fûts utilisés pour l'acide sulfurique et l'acide épuisé 21
8 Compatibilité entre le produit et certains matériaux de fabrication 25
9 Deux catégories de conditions (météorologiques) de stabilité 40
10 Demi-largeurs maximales du panache dangereux 42

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
CGP	Chromatographie sur gel perméable
c.o.	Coupelle ouverte
COT	Carbone organique total
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique médian massique
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre médian massique
DMV	Diamètre moyen volumique
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
max.	Maximum
méq/l	Milliéquivalent par litre
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	*Parts per billion* (10^{-9})
ppm	*Parts per million* (10^{-6})
ppt	*Parts per thousand* (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$Temp_c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®-C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
vol.	Volume
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
°Bé	Degré Baumé
°C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
~~W~~	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bio-concentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH (*Immediately Dangerous to Life or Health*). – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

PEL (*Permissible Exposure Limit*). – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

STEL (*TLV – Short Term Exposure Limit*). –Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irreversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de

l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®C sont des teneurs plafonds.)

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou ou les personnes. Abrév. DT min.

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

TLV® (*Threshold Limit Value*). – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C (*Threshold Limit Value-Ceiling*). – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

1 RÉSUMÉ

1.1 Acide sulfurique (H_2SO_4)

L'acide sulfurique se présente comme un liquide huileux, incolore et inodore.

Synonymes
Acide pour batterie, acide pour engrais, vitriol, sulfate d'hydrogène, (sulphuric acid en anglais).

N^os^ d'identification
UN 1830; UN 1832 (acide usé); CAS 7664-93-9; OHM-TADS 7216915; STCC 4930040.

Qualités et titres
Commerce (66 °Bé): titre > 93,19 p. 100.
Batteries et utilisations électrolytiques: titre > 93,19 p. 100.
CP (chimiquement pur): titre de 95,5 à 96,5 p. 100.

Dangers immédiats
Incendie. – S'il y a contact entre l'acide sulfurique et un métal, il peut y avoir formation d'hydrogène gazeux. L'acide sulfurique n'est ni inflammable, ni combustible.
Effet sur l'homme. – En cas d'inhalation ou de contact, l'acide sulfurique, à l'état de vapeurs ou de liquide, corrode les tissus.
Effet sur l'environnement. – L'acide sulfurique est nocif pour certaines espèces du milieu aquatique, à des teneurs aussi faibles que 6 mg/l.

Données relatives aux propriétés physiques

	95,5 à 96,5 %	66 °Bé
État (15 °C; 1 atm)	Liquide	Liquide
Point d'ébullition	310 °C	279,4 °C
Point de fusion	3 °C	- 29,5 °C
Inflammabilité	Ininflammable	
Densité relative (eau = 1)	1,8437	1,8354
Solubilité (miscibilité) (dans l'eau)	Totale (avec dégagement de chaleur)	
Comportement (dans l'eau)	Descend au fond et se dilue lentement	
Seuil de perception par l'appareil olfactif	> 1 mg/m^3	

Dangers pour l'environnement
L'acide sulfurique est nocif pour certaines espèces du milieu aquatique, à cause de son acidité surtout. Il ne présente cependant aucun danger de bioconcentration ou de bio-amplification (le long de la chaîne alimentaire).

Dangers pour l'homme
Teneur maximale admissible établie par l'ACGIH (TLV®): 1 mg/m^3.
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH): 80 mg/m^3.
Effets en cas d'inhalation. – Les vapeurs et les brouillards sont corrosifs. Ils endommagent les voies respiratoires supérieures et les poumons. Ils peuvent provoquer des toux et des éternuements.
Effets en cas de contact. – L'acide sulfurique endommage rapidement tout tissu du corps humain. Il peut causer de graves brûlures à la peau et aux yeux.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Signaler: «Produit corrosif». Appeler les autorités compétentes et avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement et confiner le liquide déversé si cela ne présente aucun risque. Éviter tout contact avec le liquide ou les vapeurs. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

• En cas d'incendie

Le produit n'est ni inflammable ni combustible mais s'il se trouve en contact avec des métaux, il peut y avoir formation d'hydrogène gazeux explosif. Si des feux éclatent, on pourra utiliser un extincteur à poudre sèche ou à gaz carbonique.

Mesures d'intervention d'urgence

• Acide sulfurique répandu sur le sol

Contenir le liquide déversé en faisant des barrages avec de la terre, du sable ou tout autre matériau utilisable, pourvu qu'ils soient secs. Neutraliser et enlever le polluant à l'aide d'un appareil aspirateur ou de pompes.

• Acide sulfurique déversé dans l'eau

Confiner l'eau polluée au moyen de déversoirs, de barrages en terre ou en gravier ou d'un dispositif de dérivation.

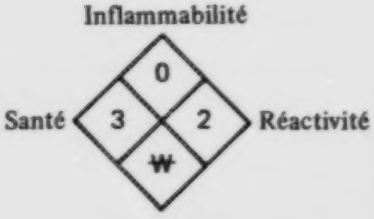
• Acide sulfurique sous forme de vapeurs

Utiliser un jet d'eau pour rabattre les vapeurs au sol et pour les disperser. Confiner l'eau de ruissellement afin de pouvoir l'épurer ou l'enlever par la suite.

Niveau de gravité du risque selon la NAS (étatsunienne)

(Catégorie)	(Niveau)
Incendie	0
Santé	
Irritation causée par des vapeurs	2
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	4
Intoxications	2
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	2
Toxicité pour les espèces vivantes du milieu aquatique	3
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	2
Réactivité	
Autres produits chimiques	4
Eau	3
Réaction spontanée	0

Évaluation du risque selon la NFPA (étatsunienne)



1.2 Oléum ($H_2SO_4 + SO_3$)

L'oléum se présente comme un liquide huileux, incolore, dégageant des vapeurs suffocantes d'anhydride sulfurique.

Synonymes

Acide sulfurique fumant, acide disulfurique, acide dithionique, acide pyrosulfurique, acide de nordhausen, acide sulfatosulfurique, (oleum en anglais).

N^os^ d'identification
UN 1831; CAS 8014-95-7; OHM-TADS 7216915; STCC 4930030.

Qualités et titres
20 à 65 p. 100 de SO_3 libre

Dangers immédiats
Incendie. – L'oléum n'est ni inflammable, ni combustible. Il peut y avoir accumulation, dans les contenants d'hydrogène gazeux formé par la réaction de l'acide avec le métal. L'oléum est très réactif avec plusieurs substances et réagit violemment au contact de l'eau.
Effets sur l'homme. – En cas d'inhalation ou de contact, l'oléum, à l'état de vapeurs ou de liquide, corrode les tissus.
Effets sur l'environnement. – L'oléum est nocif pour certaines espèces du milieu aquatique, à des teneurs aussi faibles que 6 mg/l.

Données relatives aux propriétés physiques

	30 % de SO_3 libre	25 % de SO_3 libre	20 % de SO_3 libre
État (15 °C; 1 atm)	Liquide	Liquide	Liquide
Point d'ébullition	115 °C	125 °C	138 °C
Point de fusion	22 °C	14 °C	1 °C
Inflammabilité		Ininflammable	
Densité relative (eau = 1)	1,952	1,935	1,916
Solubilité (miscibilité) (dans l'eau)	Totale (avec dégagement de chaleur)		
Comportement (dans l'eau)	Descend au fond et se mélange violemment		
Seuil de perception par l'appareil olfactif		> 1 mg/m^3	

Dangers pour l'environnement
L'oléum est nocif pour certaines espèces du milieu aquatique, à cause de son acidité surtout. Il ne présente cependant aucun danger de bioconcentration ou de bio-amplification (le long de la chaîne alimentaire).

Dangers pour l'homme
Teneur maximale admissible établie par l'ACGIH (TLV®): 1 mg/m^3.
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH): 80 mg/m^3.
Effets en cas d'inhalation. – Les vapeurs et les brouillards sont corrosifs. Ils endommagent les voies respiratoires supérieures et les poumons. Ils peuvent provoquer toux et éternuements.
Effets en cas de contact. – L'oléum endommage rapidement tout tissu du corps humain. Il peut causer de graves brûlures à la peau et aux yeux.

Dispositions immédiates à prendre
- En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Signaler: «Produit corrosif». Appeler les autorités compétentes et avertir le fabricant. Arrêter l'écoulement et confiner le liquide déversé si cela ne présente aucun risque. Éviter tout contact avec le liquide ou les vapeurs. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

- En cas d'incendie

Le produit n'est ni inflammable ni combustible, mais s'il se trouve en contact avec des métaux, il peut y avoir formation d'hydrogène gazeux explosif. Si des feux éclatent, on pourra utiliser un extincteur à poudre sèche ou à gaz carbonique.

Mesures d'intervention d'urgence

- Oléum répandu sur le sol

Contenir le liquide déversé en faisant des barrages avec de la terre, du sable ou tout autre matériau utilisable, pourvu qu'ils soient secs. Neutraliser et enlever le polluant à l'aide d'un appareil aspirateur ou de pompes.

- Oléum déversé dans l'eau

Confiner l'eau polluée au moyen de déversoirs, de barrages en terre ou en gravier ou d'un dispositif de dérivation.

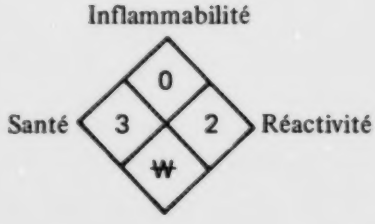
- Oléum sous forme de vapeurs

Utiliser un jet d'eau pour rabattre les vapeurs au sol et pour les disperser. Confiner l'eau de ruissellement afin de pouvoir l'épurer ou l'enlever par la suite.

Niveau de gravité du risque selon la NAS (étatsunienne)

(Catégorie)	(Niveau)
Incendie	0
Santé	
Irritation causée par des vapeurs	4
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	4
Intoxications	3
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	2
Toxicité pour les espèces vivantes du milieu aquatique	3
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	2
Réactivité	
Autres produits chimiques	4
Eau	3
Réaction spontanée	0

Évaluation du risque selon la NFPA (étatsunienne)



2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Propriétés physiques

	Acide sulfurique		Oléum		
	95,5 à 96,5 %	66 °Bé	30 %	25 %	20 %
Aspect	Liquide, incolore à ambre, légèrement opaque, huileux (CIL)		Liquide, incolore à blanc, lourd et huileux, contenant du trioxyde de soufre dissous dans de l'acide sulfurique (CIL)		
État à l'expédition	Liquide habituellement (CIL)		Liquide habituellement (CIL)		
État physique (15 °C; 1 atm)	Liquide		Liquide		
Point de congélation	3,0 °C (CRC, 1980)	- 29,5 °C (CIL)	22 °C (CIL)	14 °C (CIL)	1 °C (CIL)
Point d'ébullition	310 °C (CIL)	279,4 °C (Ashland MSDS, 1977)	115 °C (Cities MSDS)	125 °C (CIL)	138 °C (Cities MSDS)
Température de décomposition	340 °C (Merck, 1983)				
Densité relative (Eau et acide sulfurique à 15 °C)	1,8437 (CIL)	1,8354 (CIL)	1,952 (CIL)	1,935 (CIL)	1,916 (CIL)

Propriétés relatives à la combustion

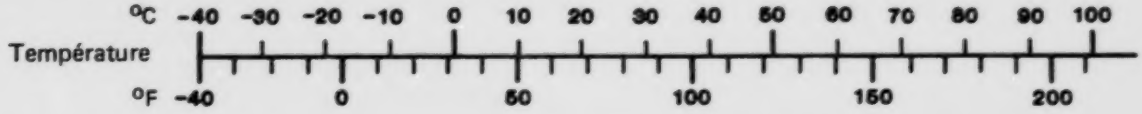
Inflammabilité	Ininflammable (NFPA, 1978)
Température de décomposition	340 °C (Merck, 1983)
Produits de décomposition	Trioxyde de soufre et eau (Merck, 1983)

Autres propriétés

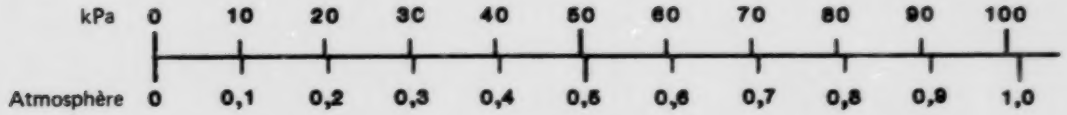
Masse moléculaire de la substance pure		98,8 (CRC, 1980)			
Composition caractéristique de la qualité commerciale	95,5 à 96,5 % H_2SO_4 (CCPA, 1982)	Min.: 93,2 % H_2SO_4 (CIL)	28 à 32,5 % SO_3 libre (CIL)	22,7 à 27,2 % SO_3 libre (CIL)	18,0 à 22,2 % SO_3 libre (CIL)
Indice de réfraction	1,437 (18 °C) (CRC, 1980)				
Viscosité (25 °C)	21 mPa · s (CIL)	20 mPa · s (CIL)	36 mPa · s (CIL)	33 mPa · s (CIL)	29 mPa · s (CIL)
Tension superficielle avec l'air	55,1 mN/m (20 °C) (CRC, 1980)				
Tension interfaciale avec l'eau	75 mN/m (solution à 33 % en poids, à 25 °C) (CRC, 1980)				
Hygroscopicité	Hygroscopique (MCA, 1963)				
Chaleur latente de fusion	9,8 kJ/mole (au point de fusion) (CRC, 1980)				

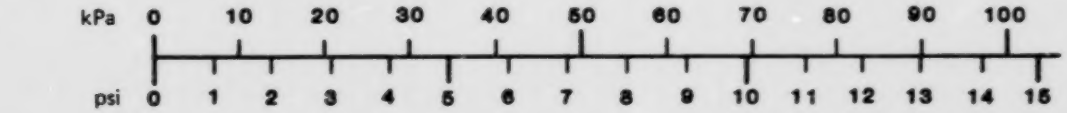
Tableau 1

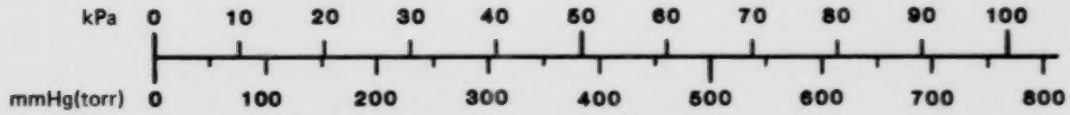
ACIDE SULFURIQUE — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1 000 Pa







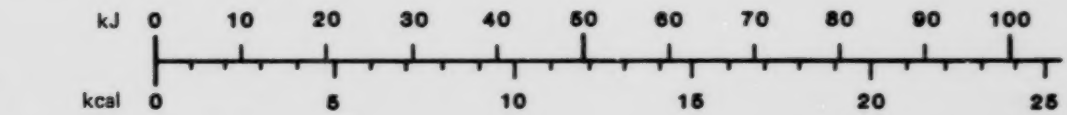
Viscosité

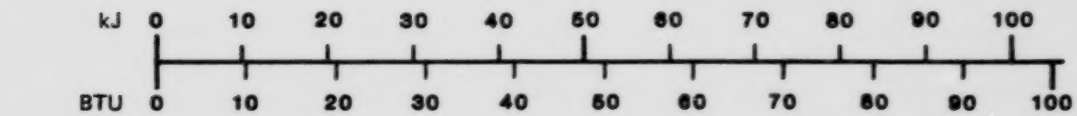
Dynamique — 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cP)

Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1 000 J





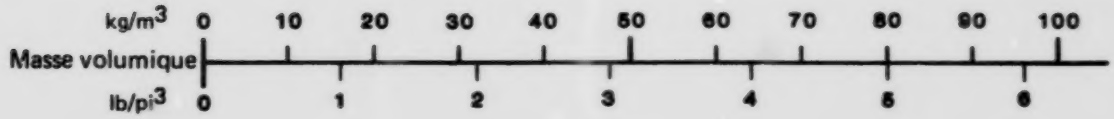


Figure 1

ACIDE SULFURIQUE (66 °Bé)

MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: CHRIS, 1978

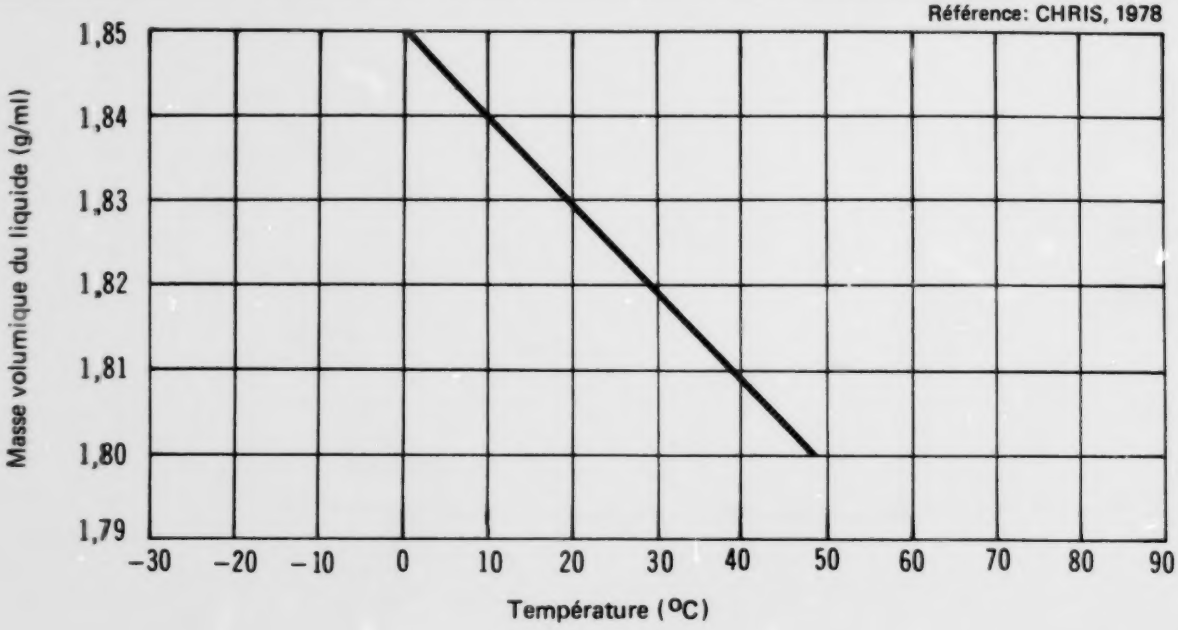


Figure 2

ACIDE SULFURIQUE

VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: CIL

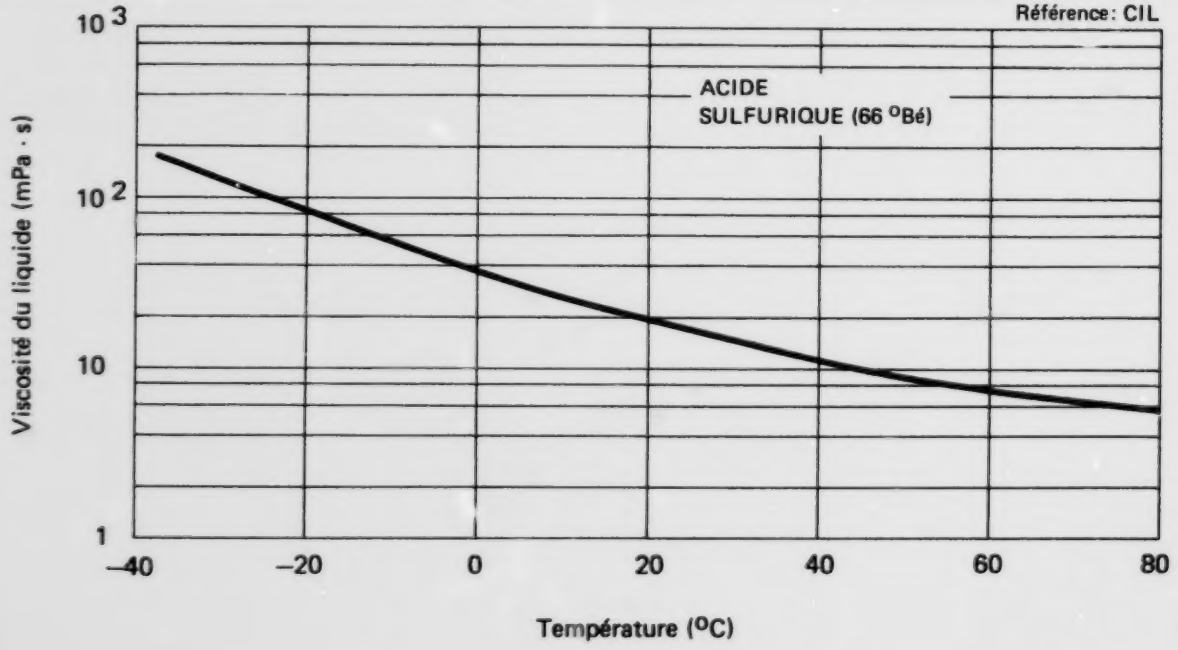
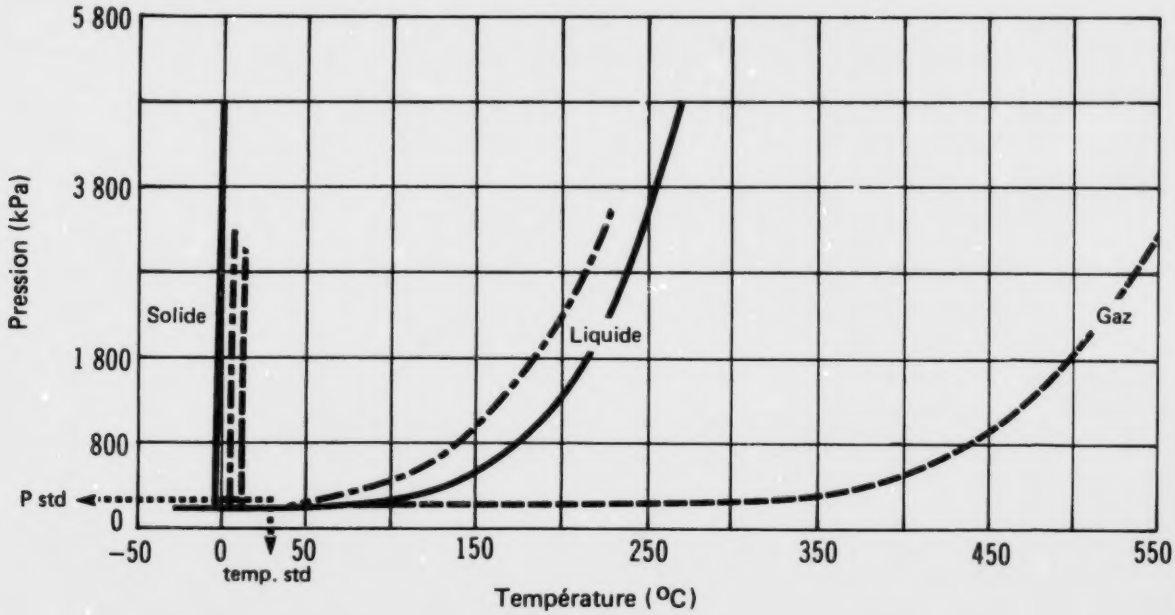


Figure 3

ACIDE SULFURIQUE ET OLÉUM — DIAGRAMME DE PHASE



LÉGENDE

Acide sulfurique, 10 %

Oléum à 65 de SO_3 libre

Acide sulfurique, 100 %

Propriétés physiques

	Acide sulfurique		Oléum		
	95,5 à 96,5 %	66 °Bé	30 %	25 %	20 %
Chaleur latente de vaporisation	56 kJ/mole (au point d'ébullition) (JANAF, 1971)				
Chaleur de formation	- 813,9 kJ/mole (25 °C) (JANAF, 1971)				
Potentiel d'ionisation			11,0 eV (en tant que SO_3^+) (Rosenstock, 1977)		
Chaleur de dissolution	- 971 J/g (CHRIS, 1978)				
Capacité calorifique à pression constante	138,9 J/mole · °C (25 °C) (JANAF, 1971)				
Coefficient de dilatation thermique	0,558 x 10^{-3} /°C (20 °C) (Perry, 1973)				
Conductivité thermique		3,54 mJ/s · cm · °C (32 °C) (Lange's Handbook, 1979)	5,2 mJ/s · cm · °C (32 °C) (Lange's Handbook, 1979)		
Diffusivité	1,97 x 10^{-5} cm^2/s (dans l'eau à 25 °C) (Perry, 1973)				
pH de la solution aqueuse	0,3 (solution 1 N à 25 °C) (CRC, 1980)				
Compositions eutectiques	Solution aqueuse à 36 % (point de congélation à - 64 °C) (CIL)				
Solubilité (miscibilité) dans l'eau	Se dilue lentement dans l'eau en dégageant de la chaleur.				

3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et titres des produits

3.1.1 Acide sulfurique. – L'acide sulfurique est vendu au Canada dans les qualités suivantes: commerciale (66 °Bé), à 93,19 p. 100, min.; électrolytique (1,835), à 93,19 p. 100, min.; chimiquement pur, à 95,5 - 96,5 p. 100 (Corpus, 1981; CIL).

3.1.2 Oléum. – L'oléum, fréquemment appelé acide sulfurique fumant, est le plus souvent transporté à des titres de 10 et 20 p. 100 de SO_3 en excès.

3.2 Fabricants situés au Canada

Le lecteur trouvera ci-dessous des adresses de sièges sociaux. Le lecteur notera qu'elles ne sont pas fournies dans le but qu'on s'en serve comme premier recours en cas de déversement accidentel.

3.2.1 Fabricants d'acide sulfurique (Corpus, 1981; CCR, 1978; Scott, 1979)

Allied Chemical Canada Ltd., 201 City Centre Drive, Mississauga, Ontario, L5B 2T4, (416) 276-9211
Border Chemical, 155 Carlton, Winnipeg, Manitoba, R3C 3H8, (204) 942-8758
Brunswick Mining and Smelting Corp., Commerce Court West, Suite 4500, P.O. Box 45, Toronto, Ontario, M5L 1B6, (416) 867-7111
Canadian Electrolytic Zinc, 860, boul. Cadieux, Valleyfield, Qc, J6S 4W2, (514) 373-9144
Canadian Industries Limited, 45 Sheppard Avenue East, Willowdale, Ontario, M2N 2Z9 (416) 226-6110
Cominco Ltd., 200 Granville Street, Vancouver, B.C., V6C 2R2 (604) 682-0611
DuPont Canada Inc., 2200 Streetsville, Mississauga, Ontario, L5M 2H3
Esso Chemical Canada, 2300 Yonge Street, Toronto, Ontario, M5W 1K3, (416) 488-6600
Falconbridge Nickel Mines Ltd., Commerce Court West, P.O. Box 40, Toronto, Ontario, M5L 1B4
Gaspé Copper Mines, Commerce Court West, P.O. Box 45, Toronto, Ontario, M5L 1B6, (416) 867-7111
Gulf Canada Ltd., 800 Bay Street, Toronto, Ontario, M5S 1Y8, (416) 924-4141
Inco Metals; Inco Ltd., 1 First Canadian Place, P.O. Box 44, Toronto, Ontario, M5X 1C4, (416) 361-7511
Inland Chemicals, Industrial Park, P.O. Box 3180, Fort Saskatchewan, Alberta, T8L 2T2, (403) 998-2225
International Minerals & Chemical Corp. Canada, 701 Evans Avenue, Suite 312, Etobicoke, Ontario, M9C 1A3, (416) 621-9831
NL Chem Canada Inc., 2140, Édifice de la Sun Life, Montréal, Qc, H3B 2X8, (514) 866-2401, 866-6881
Sherritt Gordon Mines Ltd., P.O. Box 28, Commerce Court West, Toronto, Ontario, M5L 1B1, (416) 363-9241
Sulco Chemicals, 60 First Street, Elmira, Ontario, N3B 2Z5, (519) 669-5166
Texasgulf Canada, Commerce Court West, Suite 5000, P.O. Box 175, Toronto, Ontario, M5L 1E7, (416) 869-1200
Western Co-operative Fertilizers Ltd., 111-11 Barlow Trail S.E., P.O. Box 2500, Calgary, Alberta, T2P 2N1, (403) 279-4421

3.2.2 Fabricants d'oléum (CCR, 1978)

Allied Chemical Canada Ltd., 201 City Centre Drive, Mississauga, Ontario, L5B 2T4, (416) 276-9211
Inco Metals; Inco Ltd., 1 First Canadian Place, P.O. Box 44, Toronto, Ontario, M5X 1C4, (416) 361-7511
Sulco Chemicals Ltd., 60 First Street, Elmira, Ontario, N3B 2Z5, (519) 669-5166

3.3 Autres fournisseurs (Corpus, 1981)

Noranda Sales Corp. Ltd., Commerce Court West, P.O. Box 45, Toronto, Ontario, M5L 1B6, (416) 867-7111

3.4 Itinéraires utilisés pour le transport

Les centres de production d'acide sulfurique sont dispersés dans presque tout le Canada: en effet, ils sont répartis entre sept provinces différentes. La moitié de la production, soit 49,2 p. 100, provient d'usines captives. Les plus grandes usines (non captives) sont situées: près de Montréal et dans la péninsule de Gaspé, au Québec; à Sudbury et Timmins, en Ontario; près de Winnipeg, au Manitoba; à Fort Saskatchewan, en Alberta; et à Trail, dans le sud-est de la Colombie-Britannique. La plus grande partie du transport se fait par wagon-citerne ou par camion-citerne.

3.5 Volume de production (Corpus, 1981; CCPA, 1982)

Société	Ville	Province	Capacité nominale kilotonnes/an (1980)
Allied Chemical Canada	Valleyfield	Québec	113
Border Chemical	Transcona	Manitoba	150
Brunswick Mining and Smelting	Belledune	Nouveau-Brunswick*	180
Canadian Electrolytic Zinc	Valleyfield	Québec	120
CIL	McMaster	Québec	60
NL Chem Canada	Varennes	Québec*	47
Cominco	Trail	Colombie-Britannique	440
Cominco	Kimberly	Colombie-Britannique	280
Esso Chemical Canada	Redwater	Alberta*	515
Falconbridge Nickel Mines Ltd.	Sudbury	Ontario*	320
Gaspé Copper Mines	Murdochville	Québec	245
Gulf Minerals	Rabbit Lake	Saskatchewan*	45
Inland Chemicals	Ft. Saskatchewan	Alberta	125
Inland Chemicals	Prince George	Colombie-Britannique	35
INCO	Copper Cliff	Ontario	900
International Minerals and Chemicals	Pt. Maitland	Ontario*	250
Sherritt Gordon Mines	Ft. Saskatchewan	Alberta	190
Sulco Chemicals	Elmira	Ontario	35
Texasgulf Canada	Timmins	Ontario	205
Western Co-operative Fertilizers	Calgary	Alberta*	360
Western Co-operative Fertilizers	Medicine Hat	Alberta*	190
TOTAL			4 805
Production nationale (1980)			4 296,5
Importations (1980)			18
TOTAL			4 314,5

* Usine captive

3.6 Développement de l'industrie

Deux usines, celle de Texasgulf à Timmins (Ont.) et celle de Western Co-operative Fertilizers à Medicine Hat (Alb.), sont en construction. La première aura une capacité de 200 kt/an et la seconde (qui remplacera l'usine actuelle) aura une capacité de 397 kt/an (CCP, 1981).

De son côté, Cominco Ltd. a entrepris des travaux d'amélioration à son usine de fabrication d'acide de Trail (C.-B.). La capacité de production de l'usine sera ainsi portée à 380 kt/an (Eco/Log, 1981).

3.7 Fabrication industrielle (Shreve, 1977 et CCPA, 1982)

3.7.1 Information générale. – Au Canada, on a surtout recours au gaz résiduaire (SO_2) des fonderies pour la fabrication de l'acide sulfurique.

3.7.2 Procédé de fabrication. – Le procédé comporte les réactions suivantes:

$S + O_2 \longrightarrow SO_2$ (entièrement gazeux)

$SO_2 + 1/2\ O_2 \longrightarrow SO_3$ (entièrement gazeux)

$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$ (liquide)

Le soufre à l'état natif (élémentaire) est fondu, pulvérisé et brûlé à l'état de fine dispersion pour l'obtention de dioxyde de soufre (anhydride sulfureux). Le même dioxyde de soufre peut être tiré des gaz résiduaires des fonderies. Il passe ensuite dans un convertisseur qui contient un catalyseur. Le dioxyde est alors transformé en trioxyde de soufre, lequel est dirigé dans une tour d'absorption où après contact avec des acides faibles il y a formation d'acide sulfurique.

Pour produire de l'oléum, l'acide sulfurique concentré est mélangé au trioxyde de soufre. Il en résulte un anhydride d'acide sulfurique contenant un certain pourcentage de trioxyde de soufre libre.

3.8 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1981; CCP, 1981)

L'acide sulfurique est beaucoup utilisé partout dans le monde. Parmi ses nombreuses utilisations, signalons la fabrication: d'acide phosphorique, d'acide fluorhydrique, d'engrais phosphatés, de sulfate d'aluminium, de sulfate d'ammonium, de superphosphates, de film en cellulose, de viscose pour rayonne, de savon et de détergent, de produits chimiques organiques, d'explosifs et de dioxyde de titane. On peut ajouter que l'acide sulfurique est également employé dans les industries suivantes: traitement du minerai d'uranium, exploitation minière et fonderie, pâtes et papiers, raffinage du pétrole.

3.9 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1981; CBG, 1980)

Abitibi-Price, Smooth Rock Falls, Ont.; Jonquière, Qc
Agnew Lake Mines, Agnew Lake, Ont.
Alcan Smelters & Chemicals, Jonquière, Qc
Algoma Steel, Sault Ste. Marie, Ont.
Allied Chemical Canada, Amherstburg, Ont.
American Can, Marathon, Ont.
BP Canada, Oakville, Ont.
Bate Chemical, Toronto, Ont.
Bayer (Canada), Mississauga, Ont.
Benson Chemicals, Freelton, Ont.
Boise-Cascade, Ft. Frances, Newcastle, N.-B.
British Columbia Forest Products, Crofton, C.-B.
Canada Colours & Chem., Toronto, Ont.
Canada Wire & Cable, Belledune, N.-B.

Canadian Cellulose, Prince Rupert, C.-B.
Canadian Copper Refiners, Montréal, Qc
Canadian Forest Products, Pt. Mellon, C.-B.
Canadian International Paper, La Tuque, Qc
Cariboo Pulp & Paper, Quesnel, C.-B.
Colgate-Palmolive, Toronto, Ont.
Consolidated-Bathurst, Pontiac Mill, Qc
Courtaulds Canada, Cornwall, Ont.
Crestbrook Forest, Skookumchuck, C.-B.
Crown Zellerbach, Campbell River, C.-B.
Denison Mines, Elliot Lake, Ont.
Dominion Foundries, Hamilton, Ont.
Domtar, Lac Quévillon, Qc; Cornwall, Ont.
Donohue St-Félicien, St-Félicien, Qc
DuPont Canada, Shawinigan, Qc; North Bay, Ont.
Eddy Forest Products, Espanola, Ont.
Eurocan Pulp, Kitimat, C.-B.
Great Lakes Forest, Thunder Bay, Dryden, Ont.
Gulf Canada, Montréal Est, Qc
Gulf Canada, Port Moody, C.-B.
Kert Chemical, Toronto, Ont.
Kimberly-Clark of Canada, Terrace Bay, Ont.
Inco, Copper Cliff, Ont.
Intercontinental Paper, Prince George, C.-B.
Irving Pulp & Paper, Saint-Jean, N.-B.
Lever Detergents, Toronto, Ont.
M & T Chemicals Ltd., Hamilton, Ont.
MacMillan Bloedel, Nanaimo, Pt. Alberni, C.-B.
Madawaska Mines, Bancroft, Ont.
NL Chem Canada, Varennes, Qc
Northwood Pulp, Prince George, C.-B.
Ontario Paper, Thorold, Ont.
Petrofina, Pointe-aux-Trembles, Qc
Price, Kénogami, Qc
Prince Albert Pulp, Prince Albert, Sask.
Prince George Pulp & Paper, Prince George, C.-B.
Procter & Gamble, Hamilton, Ont.
Procter & Gamble Cellulose, Grande Prairie, Alb.
Rayonier Canada, Woodfibre, C.-B.
Rio Algom, Elliot Lake, Ont.
Ste-Anne-Nackawic, Nackawic, N.-B.
St. Regis, Hinton, Alb.
Scott Maritimes, Pt. Abercrombie, N.-É.
Shefford Chemicals, Granby, Qc
Shell Canada, Oakville, Ont.; Montréal, Qc
Steel Co. of Canada, Hamilton, Ont.
Tahsis, Gold River, C.-B.
Texaco Canada, Montréal Est, Qc; Nanticoke, Ont.
Thurso Pulp & Paper, Thurso, Qc
Tioxide of Canada, Tracy, Qc
Uba Chemical, Mississauga, Ont.
VanWaters & Rogers, Richmond, C.-B.
Weyerhaeuser Canada, Kamloops, C.-B.

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Les solutions d'acide sulfurique, l'oléum et l'acide épuisé sont expédiés en vrac dans des wagons-citernes et véhicules-citernes routiers spécialement conçus à cette fin.

4.1.1.1 Wagons-citernes. – Les wagons-citernes servant au transport de l'acide sulfurique sont classés dans les catégories A–1, classe 103 et A–8, classe 111 de la Commission canadienne des transports. Les spécifications relatives aux citernes sont décrites au tableau 2. La plupart des wagons-citernes utilisés pour le transport de l'acide sulfurique sont garnis de résine Heresite.

L'acide sulfurique est habituellement transporté dans les wagons-citernes CCT103AW et 111A100W2 illustrés aux figures 4 et 5. Les tableaux 3 et 4 donnent les spécifications des wagons-citernes illustrés. Les wagons-citernes contenant de l'acide sulfurique ne peuvent être déchargés par le bas qu'en vertu d'un permis spécial de la CCT. En général, les wagons-citernes sont déchargés par le haut au moyen d'air comprimé (MCA 1963). L'acide sulfurique est retiré par une tubulure de déchargement qui s'étend du bas du wagon-citerne à la plate-forme de dôme où elle se termine par un robinet de déchargement de 51 mm (2 po). Une pression d'air de 207 kPa (30 psi) est appliquée par un raccord d'arrivée d'air de 25 mm (1 po).

Des serpentins de chauffage extérieurs et une isolation thermique de fibre de verre sont exigés pour le transport de certains acides forts qui peuvent geler aux températures hivernales. Dans la fabrication des munitions, on ajoute parfois de l'acide nitrique, à titre d'antigel, à l'acide sulfurique, particulièrement l'oléum (MCA 1963, CCPA 1982).

Une soupape régulatrice de pression réglée à 518 kPa (75 psi) ou un évent de sécurité réglé à 690 kPa (100 psi) sont exigés sur le dessus du wagon-citerne. Le tarage des disques de rupture à une valeur ne dépassant pas 100 % de la pression d'essai de la citerne sur les wagons 103AW, 111A100W2 et 111A100W5 est également autorisé en vertu de permis spéciaux de la CCT.

Tableau 2
Spécifications relatives aux wagons-citernes

Numéro de spécification du DOT et de la CCT *		
Soln > 65 % y compris oléum	Soln < 51 %	Description
103W		Citerne en acier soudé par fusion avec dôme. Isolé ou non isolé. Organes de déchargement par le bas ou orifice de purge par le bas optionnel.
103AW		Citerne en acier soudé par fusion avec dôme. Isolé ou non isolé. Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas interdits; orifice de purge par le bas optionnel.

	103BW	Citerne en acier soudé par fusion avec dôme. Isolé ou non isolé. Citerne garnie de PVC. Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement et orifice de purge par le bas interdits.
103CW		Citerne en acier allié (inoxydable) soudé par fusion. Isolé ou non isolé. Capacité minimale dans le dôme 1 %. Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas et orifice de purge par le bas interdits.
111A60W2 (utilisé aussi pour les solutions > 51 % et < 65 % avec garniture de caoutchouc)		Citerne en acier soudé par fusion sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal 2 %. Indicateur de niveau. Organes de déchargement par le bas interdits; orifice de purge par le bas optionnel. Pression d'essai 414 kPa (60 psi).
111A100W2 (utilisé aussi pour les solutions > 51 % et < 65 % avec garniture de caoutchouc)		Citerne en acier soudé par fusion sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal 2 %. Indicateur de niveau. Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas interdits; orifice par le bas optionnel. Pression d'essai 690 kPa (100 psi).
	111A60W5	Citerne en acier soudé par fusion sans dôme. Isolé ou non isolé. Citerne garnie de PVC. Creux minimal 2 %. Indicateur de niveau. Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas et orifice de purge par le bas interdits. Pression d'essai 690 kPa (100 psi).
111A100F2		Citerne en acier soudé à la forge sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal 2 %. Indicateur de niveau. Organes de déchargement par le haut exigés. Organes de déchargement par le bas interdits; orifice de purge par le bas optionnel. Pression d'essai 690 kPa (100 psi).

* Department of Transportation (U.S.A.); Commission canadienne des transports.

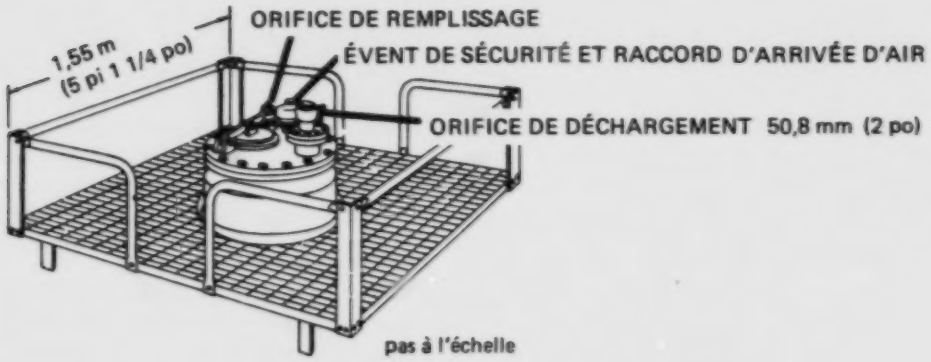
Un indicateur de niveau, du type à tige ou à ruban, est optionnel. La pression de service maximale permise pour les wagons-citernes de classe 111A100W2 du MDT est de 448 kPa (65 psi). Lorsque les wagons-citernes de classe 111A60W2 sont utilisés, la pression maximale permise est de 276 kPa (40 psi) (TCM, 1979). Ces deux pressions excèdent la pression d'air maximale de 207 kPa (30 psi) utilisée au cours du déchargement. L'acide sulfurique n'est jamais transporté sous pression.

Les wagons-citernes destinés au transport de l'acide sulfurique sont remplis par un orifice de 200 mm (8 po) situé sur le dessus du wagon-citerne. Selon la classe, le wagon peut être muni soit d'un trou d'homme sans dôme, soit d'un dôme, tel qu'illustré aux figures 4 et 5 (TCM, 1979). Lorsqu'un orifice de purge est utilisé, selon la classe de wagons-citernes choisie, il faut utiliser à la fois un assemblage de bouchon et de joint torique, et une bride d'ajutage distincte avec un joint à bride pleine. Un bouchon mâle jaugeur doit être utilisé entre les deux assemblages.

Figure 4

ACIDE SULFURIQUE **WAGON-CITERNE – CLASSE 103AW**

(Référence: TCM, 1979; AAR, 1982; RTDCR, 1974)



DÉTAIL DE LA PLATE-FORME DE DÔME

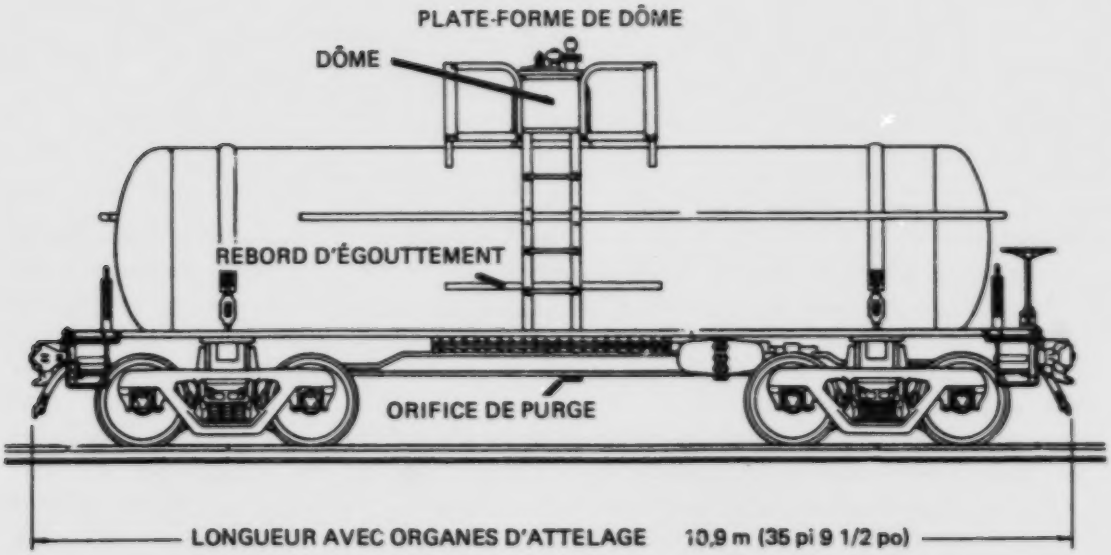


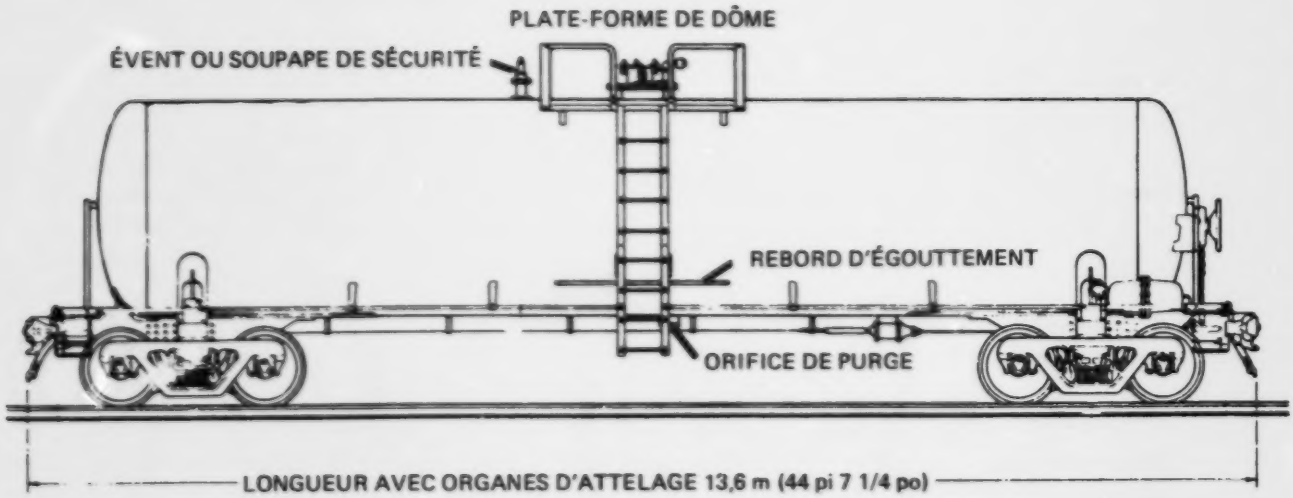
ILLUSTRATION DU WAGON-CITERNE **Échelle approximative 1:72**

Figure 5

ACIDE SULFURIQUE — **WAGON-CITERNE – CLASSE 111A100W2**

(Référence: TCM, 1979; AAR, 1982; RTDCR, 1974)

DÉTAIL DE LA PLATE-FORME DE DÔME



Échelle approximative 1:72

ILLUSTRATION DU WAGON-CITERNE

Tableau 3
Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 103AW
(TCM 1979, RTDCR)

	Description	Dimensions	Remarques
Structure	Capacité nominale	26 500 l (5800 gal)	
	Tare	19 200 kg (42 400 lb)	
	Masse brute	80 300 kg (117 000 lb)	
Citerne	Matériau		acier
	Épaisseur	14,3 mm (9/16 po)	
	Diamètre intérieur	1,95 m (77 po)	
	Pression d'essai	414 kPa (60 psi)	
	Pression de rupture	1650 kPa (240 psi)	
Dimensions	Longueur avec organes d'attelage	10,9 m (35 pi 9 1/12 po)	
	Longueur avec pylônes de choc	10,1 m (33 pi 2 po)	
	Longueur avec crapaudines	6,77 m (22 pi 2 1/2 po)	
	Hauteur au sommet du caillebotis	3,08 m (10 pi 1 1/4 po)	
	Hauteur hors-tout	4,20 m (13 pi 9 3/8 po)	
	Largeur hors-tout (avec poignées)	3,10 m (10 pi 2 po)	
	Hauteur de l'axe d'attelage au-dessus du rail	0,88 m (2 pi 10 1/2 po)	
	Longueur du caillebotis	2,25 m (7 pi 4 5/8 po)	
	Largeur du caillebotis	1,86 m (6 pi 1 1/8 po)	
Dispositifs de chargement/ déchargement	Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	
	Orifice de remplissage	152–203 mm (6–8 po)	à ouverture rapide
	Raccord d'arrivée d'air	51 mm (2 po)	
	Orifice de déchargement par le bas		interdit, sauf autorisation de la CCT
	Orifice de purge par le bas	152–203 mm (6–8 po)	
Dispositifs de sécurité	Évent de sécurité		exigé, peut comporter un disque de rupture et un trou d'évent de 3 mm (1/8 po) sauf pour le service de l'oléum
Dôme			exigé, espace libre pour la dilatation du contenu de 1 %
Isolation			optionnel

4.1.1.2 Véchicules-citernes routiers. – La capacité des camions-citernes transportant l'acide sulfurique varie de 15 à 28 tonnes, les véhicules d'une capacité de 22 tonnes étant les plus courants.

Comme les wagons-citernes, ces véhicules-citernes routiers sont déchargés par le haut. Le déchargement se fait au moyen d'air comprimé. Le raccord d'arrivée d'air consiste généralement en un raccord mâle fileté de 25 mm de diamètre situé sur le dessus du wagon; de l'air

Tableau 4
Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 111A100W2

	Description	Mesures	Notes
Structure	Capacité nominale	50 500 l (11 100 gal)	
	Tare	25 200 kg (55 600 lb)	
	Masse brute	119 300 kg (263 000 lb)	
Citerne	Matériau		Aluminium allié
	Épaisseur	14,3 mm (9/16 po)	
	Diamètre intérieur	2,40 m (94 1/2 po)	
	Pression d'essai	690 kPa (100 psi)	
	Pression de rupture	3450 kPa (500 psi)	
Dimensions	Longueur avec organes d'attelage	13,6 m (44 pi 7 1/4 po)	
	Longueur avec pylônes de choc	12,8 m (41 pi 11 3/4 po)	
	Longueur avec crapaudines	9,46 m (31 pi 1/4 po)	
	Hauteur au sommet du caillebotis	3,48 m (11 pi 5 13/16 po)	
	Hauteur hors-tout	4,26 m (13 pi 11 13/16 po)	
	Largeur hors-tout (avec poignées)	3,21 m (10 pi 6 1/2 po)	
	Hauteur de l'axe d'attelage au-dessus du rail	0,88 m (2 pi 10 1/2 po)	
	Longueur du caillebotis	2,44 m (8 pi 1/8 po)	
	Largeur du caillebotis	1,83 m (6 pi)	
Dispositifs de chargement/ déchargement	Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	
	Orifice de remplissage	203 mm (8 po)	
	Raccord d'arrivée d'air	25 mm (1 po)	
	Orifice de déchargement par le bas		Interdit sauf avec permission de la CCT
	Orifice de purge par le bas	150 à 203 mm (6–8 po)	
Dispositifs de sécurité	Évent de sécurité		Exigé, peut être muni d'un disque de rupture avec trou d'évent de 3 mm (1/8 po) sauf pour l'oléum
Isolation			Aucune
Dôme			Aucun

comprimé dont la pression n'excède pas 207 kPa (30 psi) peut être introduit par ce raccord. Les citernes peuvent être isolées et chauffées de l'extérieur selon le titre de l'acide transporté et son point de congélation (CSA, 1976).

Les véhicules-citernes routiers doivent être conformes à la spécification de Transports Canada TC312 régissant les véhicules de classe MC310, MC311 et MC312 (TDGC, 1980). Les solutions d'acide sulfurique ne sont pas transportées sous pression. Les véhicules-citernes routiers doivent faire l'objet d'un essai avec une pression minimum de 311 kPa (45 psi) afin de s'assurer qu'ils peuvent subir la pression de 207 kPa de l'air comprimé utilisé pour le déchargement par le haut (CSA, 1976). La pression de service maximale de la citerne est en fait de 207 kPa (30 psi).

Tableau 5
Spécifications relatives aux véhicules-citernes routiers

Spécifications de TC*	Description
TC312	Citerne en acier soudé bout à bout. Conception et construction conformes au code ASME si le déchargement se fait au moyen d'air comprimé dont la pression excède 103 kPa (15 psi). Indicateur de niveau exigé. Organes de déchargement par le haut et par le bas. L'organe de déchargement par le bas doit être muni de poignées de manoeuvre à distance. Le code ASME exige au moins un dispositif régulateur de pression par compartiment. Au moins un trou d'homme de 380 mm (15 po) par compartiment. Orifice de purge par le bas optionnel.

* Transports Canada

4.1.2 **Transport en fûts.** – L'acide sulfurique peut être transporté en vrac ou en fûts, bien que le transport par fûts ne soit pas courant au Canada. De nombreux matériaux sont autorisés pour la fabrication des fûts. On trouvera aux tableaux 6 et 7 la description des divers types de fûts utilisés pour le transport de l'oléum, de l'acide sulfurique et de l'acide épuisé (TDGC, 1980).

L'oléum et l'acide sulfurique sont également transportés dans des bouteilles de verre placées dans des boîtes ou dans des emballages de polystyrène expansé (MCA, 1963).

4.2 Déchargement

4.2.1 **Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes.** – Les procédés décrits ci-après proviennent de la documentation; la connaissance de ces procédés peut être utile en cas de déversements. Le lecteur pourra obtenir, auprès des experts de l'industrie, de plus amples informations sur ces procédés.

Avant de procéder au déchargement, il importe de prendre les précautions suivantes (MCA, 1963):

- vérifier que le réservoir de stockage à évent peut recevoir le contenu du wagon-citerne;
- si le déchargement se fait la nuit, les dispositifs d'éclairage doivent être anti-déflagrants;
- le personnel ne doit en aucun cas pénétrer dans le wagon;
- les freins doivent être serrés et les roues, calées; les déraillleurs doivent être en place et les avertissements, affichés.
- un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité doit exister au poste de déchargement.

Pour le déchargement suivre les étapes suivantes (MCA, 1963):

- par temps froids et pour certains acides forts, raccorder le serpentin à vapeur à la conduite de vapeur vive;

- raccorder la conduite de déchargement de 51 mm (2 po) à l'orifice de déchargement et raccorder la conduite à air comprimé de 25 mm (1 po). La pression d'air doit être réduite à 207 kPa (30 psi) pour l'opération de déchargement. La conduite d'air comprimé doit être munie d'une soupape régulatrice de pression réglée à 242 kPa (35 psi).
- après avoir ouvert la soupape de la conduite d'alimentation en air, ouvrir le robinet de la conduite de déchargement afin de décharger le wagon-citerne;
- une fois le wagon-citerne vide, la soupape de la conduite d'alimentation en air doit être fermée et la soupape d'évent de la conduite à air comprimé doit être ouverte afin que la pression d'air dans la conduite puisse être réduite à la pression atmosphérique.
- pour fermer le wagon, suivre les étapes ci-dessus, mais dans l'ordre inverse.

4.2.2 **Matériel et procédés de déchargement des véhicules-citernes routiers.** – Les procédés utilisés pour le déchargement de l'acide sulfurique des wagons-citernes s'appliquent également au déchargement de l'acide sulfurique des véhicules-citernes routiers.

Tableau 6
Fûts utilisés pour l'oléum

Type de fût	Code de type	Description	Illustré à la figure
Acier	1A1	Dessus non amovible, réutilisable	6
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	6
	1A1B	1A1 avec brides de fermeture soudées	6
	1A1C	1A1 plombé	6
	1A1D	1A1 avec revêtement (autre que le plomb)	6
	1A2	Dessus amovible, réutilisable	6
Monel*	TC5M		
Nickel	TC5K	Comme le fût de monel, mais en nickel	6

* Voir section 4.3 du présent rapport

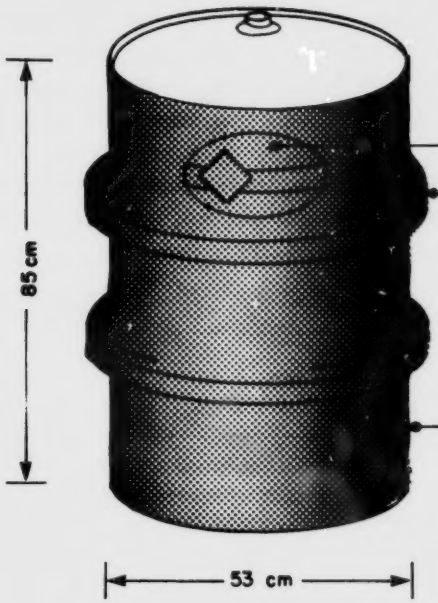
Tableau 7
Fûts utilisés pour l'acide sulfurique et l'acide épuisé

Type de fût	Code de type	Description	Illustré à la figure
Acier	1A1	Dessous non amovible, réutilisable	6
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	6
	1A1B	1A1 avec brides de fermeture soudées	6
	1A1C	1A1 plombé	6
	1A1D	1A1 avec revêtement (autre que le plomb)	6
Plastique	1H1	Dessus non amovible. Capacité maximale de 250 l. Masse nette maximal 400 kg.	non illustré
Fût d'acier avec récipients de plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier en forme de fût. Récipient intérieur en plastique. Capacité maximale de 225 l.	non illustré

Figure 6

ACIDE SULFURIQUE — **FÛTS TYPIQUES**

Fût en monel typique



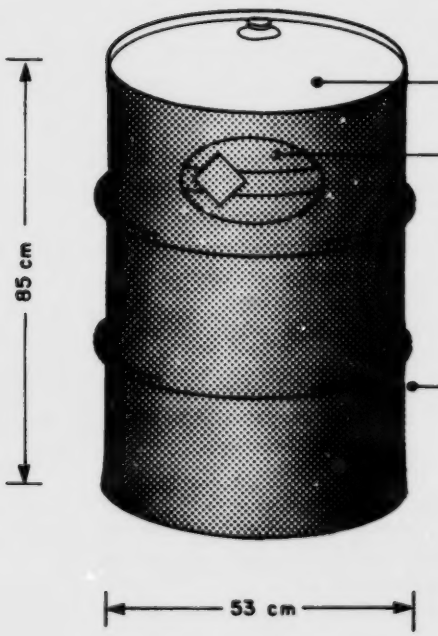
Étiquette d'identification

Joncs de roulage faits de caoutchouc naturel solide et flexible

Corps et dessus fabriqués en monel de 10 mm d'épaisseur

Capacité maximale 220 l

Fût en acier typique



Revêtement intérieur de plomb minimum de 2,4 mm selon les normes de 1AIC

Étiquette d'identification

Corps et dessus construits en acier laminé

Capacité maximale 250 l

Masse nette maximale 400 kg

4.2.3 Matériaux de fabrication des organes de déchargement. – Les matériaux de fabrication des divers composants des organes de déchargement, de même que les spécifications relatives à ces organes, dont il sera question dans la présente section, sont ceux qui sont généralement utilisés pour le transport de l'acide sulfurique.

Les éléments d'un organe de déchargement typique sont notamment les conduites et les raccords, les raccords flexibles, les vannes et soupapes, les garnitures, les pompes et les citernes.

Les conduites et les raccords en acier non allié sans soudure ASTM A106 n° 80 ou en acier inoxydable 316 n° 40 sont recommandés pour l'acide sulfurique de qualité commerciale et l'oléum (MCA 1963). Il faudra utiliser des joints à brides soudées de préférence aux conduites et raccords filetés qui ont tendance à fuir. La réduction de la contrainte au joint de soudure permettra une plus longue durée de service. Les canalisations doivent faire l'objet d'un essai à l'air comprimé à des pressions allant de 345 à 518 kPa (50 à 75 psi) et toutes ces fuites seront soigneusement colmatées. S'il y a fuite en cours de service, l'unique réparation efficace consiste soit à enlever la soudure au burin et à refaire une nouvelle soudure, soit à remplacer la section de conduite défectueuse.

La conduite de déchargement doit avoir un diamètre de 51 mm (2 po) puisque c'est la taille standard des raccords sur les wagons-citernes utilisés pour le transport de l'acide sulfurique, mais les autres conduites peuvent être de n'importe quelle dimension. On déconseille toutefois l'utilisation de conduites dont le diamètre est inférieur à 25 mm (1 po).

L'auto-drainage est indispensable pour les conduites extérieures qui seront isolées ou non selon la force de l'acide. Un tube de traçage à la vapeur en cuivre ou en acier de 9 mm à 13 mm (3/8 à 1/2 po) peut être placé dans l'isolation thermique (CSA 1976).

Des conduites et des joints tournants en acier ou en acier inoxydable peuvent être utilisés pour les parties souples des organes de déchargement utilisés pour l'oléum. Le joint tournant à roulement à billes ou le joint tournant à presse-étoupe donneront tous deux, avec un bon entretien, un rendement adéquat. Un boyau résistant aux acides est généralement utilisé pour le déchargement de l'oléum et de l'acide sulfurique. Le Chemiflex 951 assure un service satisfaisant avec tous les titres d'acide sulfurique jusqu'à 98 ou 99 p. 100. Le Chemiflex 976 garni de téflon convient pour l'oléum au titre de 30 p. 100 (CSA 1976).

Pour les soupapes, les clapets à billes à action rapide ou les robinets à tournant en alliage «20» seront adéquats pour le déchargement de l'acide sulfurique et de l'oléum (ASA 1978).

Les joints en téflon peuvent être utilisés avec tous les titres d'acide sulfurique (DCRG 1978).

Une pompe centrifuge à admission unilatérale avec un arbre et des palettes en alliage «20» et une enveloppe de fonte à haute teneur en silicium est recommandée. Le téflon est recommandé comme matériau de garnissage (CSA 1976).

Des citernes à parois épaisses soudées en bout, en acier non allié ou en acier inoxydable, sont fréquemment utilisées. L'acier doublé de PVC ou le plastique armé par des fibres sont couramment utilisés pour l'acide sulfurique à des titres atteignant 70 p. 100 (CSA 1976).

4.3 Compatibilité entre le produit et certains matériaux

La compatibilité entre l'acide sulfurique et certains matériaux de fabrication est indiquée au tableau 8.

Le système d'évaluation utilisé au tableau 8 est décrit brièvement ci-après.

Recommandé :	Le matériau donnera un rendement satisfaisant avec l'application indiquée.
Avec réserves :	Le matériau montrera des signes de détérioration avec l'application indiquée; peut convenir pour un usage intermittent ou pour un service de courte durée.
Déconseillé :	L'application indiquée causera une grave détérioration du matériau; son usage est donc déconseillé.

Tableau 8
Compatibilité entre le produit et certains matériaux de fabrication

Application	Produit chimique		Recommandé	Réserves	Déconseillé
	Titre	Temp. (°C)			
1. Conduites et raccords	54–60 °Bé		Acier non allié n° 80 Joints à brides soudées à tolérance de 150 lb Fonte Joints à brides soudées à tolérance de 250 lb (DSA) Plomb avec 6 % antimoine Joints à brides et à recouvrement à tolérance de 125 lb Fonte à haute teneur en silicium Chlorure de polyvinyle non plastifié rigide à résistance normale au choc n° 80 (DSA)		
	66 °Bé – 100 % Qualité électrolytique et autres titres jusqu'à 60 °Bé				
	Qualité électrolytique 66 °Bé		Plomb avec 6 % antimoine Joints à brides et à recouvrement à tolérance de 125 lb Fonte à haute teneur en silicium (DSA) Verre pyrex Boyau doublé de polytétrafluoroéthylène (téflon) (DSA)		
	Chimiquement pur 95,5 à 96,5 % Oléum, tous titres		Acier non allié n° 80 Joints à brides soudées à tolérance de 150 lb (DSA)		
	10–75 %	23 °C	Polyéthylène PVC I, PVC II (DPPED 1967)		Fonte à haute teneur en silicium (DSA) Acrylonitrile-butadiène-styrène (DPPED)
	10–75 %	49 °C			Polyéthylène (DPPED 1967) PVC II (DPPED 1967)
	10–75 % 75–90 %	60 °C 23 °C	PVC I PVC I		Polyéthylène, acrylonitrile-butadiène-styrène, PVC II (DPPED 1967)
	75–90 %	60 °C			
	16 %	121 °C	Fluorure de polyvinylidène Polyéther chloré (DCRG 1978)	PVC I (DPPED 1967)	
	16 % 16 %	93 °C 52 °C	Polypropylène (DCRG 1978) Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)		

	60 %	121 °C	Polyéther chloré (DCRG 1978)	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
	60 %	121 °C	Fluorure de polyvinylidène (DCRG 1978)	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
	60 %	107 °C	Fluorure de polyvinylidène (DCRG 1978)	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
	60 %	93 °C	Polypropylène (DCRG 1978)	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
	93 %	79 °C	Fluorure de polyvinylidène Polypropylène (DCRG 1978)	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
	93 %	66 °C	Polyéther chloré	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
	98 %	66 °C	Fluorure de polyvinylidène (DCRG 1978)	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
	98 %	52 °C	Polypropylène (DCRG 1978)	Chlorure de polyvinylidène (Saran) (DCRG 1978)
2. Soupapes	54–60 °Bé		Alliage «20» avec garniture de polytétrafluoroéthylène (téflon) joints à brides à tolérance de 150 lb	
	66 °Bé – 100 %		Robinet à tournant, alliage «20», polytétrafluoroéthylène (téflon), fourreau de valve et joints à brides à tolérance de 150 lb (DSA)	
	Qualité électrolytique et autres teneurs jusqu'à 60 °Bé		Alliage «20» ou fonte à haute teneur en silicium avec garniture de polytétrafluoroéthylène (téflon) et joints à brides à tolérance de 150 lb	
			Plomb avec 6 % d'antimoine avec garniture de polytétrafluoroéthylène (téflon) et joints à brides à tolérance de 150 lb	
			Robinet à tournant, alliage «20», fourreau de valve en polytétrafluoroéthylène, joints à brides à tolérance de 150 lb (DSA)	
	Qualité électrolytique 66 °Bé		Alliage «20» ou fonte à haute teneur en silicium avec garniture en polytétrafluoroéthylène et joints à brides à tolérance de 150 lb (DSA)	
			Plomb avec 6 %d'antimoine avec garniture de polytétrafluoroéthylène (téflon) et joints à brides à tolérance de 150 lb (DSA)	

			Robinet à tournant, alliage «20», fourreau en polytétrafluoroéthylène (téflon) et joints à brides à tolérance de 150 lb (DSA)		
	Chimiquement pur, 95,5 à 96,5 %		Vanne en Y en porcelaine avec disques en polytétrafluoroéthylène (téflon) et joints à brides à tolérance de 150 lb (DSA)		
	Oléum, tous titres		Alliage «20» avec garniture de polytétrafluoroéthylène (téflon) et joints à brides à tolérance de 150 lb Robinet à tournant, alliage «20», fourreau en polytétrafluoroéthylène (téflon) et joints à brides à tolérance de 150 lb (DSA)		
	50 % (41 °Bé)	21 °C	Acier inoxydable 316 (JSSV 1979)		
	50 % (41 °Bé)	Ébullition			Acier inoxydable 316 (JSSV 1979)
	Concentré (66 °Bé)	21 °C	Acier inoxydable 316 (JSSV 1979)		
	Concentré (66 °Bé)	Ébullition		Acier inoxydable 316 (JSSV 1979)	
3. Pompes	>77 %	Froid	Fer, fonte à haute teneur en silicium (HIS 1969)		
	65–93 %	>79 °C	Fonte à haute teneur en silicium (HIS 1969)		
	65–93 %	<79 °C	Fonte à haute teneur en silicium (HIS 1969)		
	10–65 %		Fonte à haute teneur en silicium (HIS 1969)		
	54°–60 °Bé		Pompe centrifuge, alliage «20»		
	60 °Bé – 100 %		Fonte, palettes en alliage «20» Fonte à haute teneur en silicium (DSA)		
	Qualité électrolytique et autres titres jusqu'à 60 °Bé		Pompe centrifuge, alliage «20» ou en fonte à haute teneur en silicium (DSA)		
	Qualité électrolytique 66 °Bé		Pompe centrifuge, alliage «20» ou en fonte à haute teneur en silicium (DSA)		
	Chimiquement pur, 95,5 à 96,5 %		Pompe centrifuge, garniture de verre Pompe à diaphragme avec diaphragme en polytétrafluoroéthylène (téflon) (DSA)		
	Oléum, tous titres		Pompe centrifuge, alliage «20» (DSA)		

4. Stockage	54°–60 °Bé		Acier de qualité supérieure (DSA)	
	66 °Bé à 100 %		Acier ou bois avec revêtement intérieur de plomb chimique pur à 99 %	
	Qualité électrolytique et autres titres jusqu'à 60 °Bé			
	Qualité électrolytique 66 °Bé		Acier ou bois avec revêtement intérieur de plomb chimique pur à 99 % Acier avec revêtement intérieur de résines phénoliques durcies (ex. Heresite P-403) (DSA) Acier à revêtement intérieur de verre (DSA)	
	Chimiquement pur		Acier de qualité supérieure	
	95,5 à 96,5 %		PVC (TPS 1978)	
	Oléum, tous titres		Chlorure de polyvinyle chloré (TPS 1978)	
5. Autres	10 %	60 °C	Polypropylène (TPS 1978)	
	10 %	100 °C	Caoutchouc naturel	
	10 %	82 °C	Styrène/butadiène	
	10 %		Polychloroprène (Néoprène)	
			Caoutchouc d'acrylonitrile/butadiène	
			Caoutchouc d'isobutylène/isoprène	
			Polyéthylène chlorosulfonique (Hypalon)	
			Silicium	
			Caoutchouc d'éthylène-propylène (GPP)	
	15 %	20 °C	Acier inoxydable 316 (ASS)	Acier inoxydable 302 A. inox. 304 A. inox. 410 A. inox. 430 (ASS)
	15 %	60 °C		A. inox. 302 A. inox. 304 A. inox. 316 A. inox. 410 A. inox. 430 (ASS)
	Jusqu'à 40 %	40 °C	Chlorure de polyvinyle non plastifié Polyéthylène Polypropylène Caoutchouc naturel Caoutchouc d'acrylonitrile/butadiène	

		Caoutchouc d'éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (viton) Polyéthylène chlorosulfonique (Hypalon)		
Jusqu'à 40 %	60 °C	Polyéthylène Polypropylène Caoutchouc d'acrylonitrile/butadiène Caoutchouc d'isobutylène/isoprène Caoutchouc d'éthylène-propylène Polychloroprène (Néoprène) Caoutchouc fluoré (viton) Polyéthylène chlorosulfonique (GF)	Chlorure de polyvinyle non plastifié (GF)	Polyoxyméthylène Acrylonitrile/ butadiène (GF)
50 %	49 °C	Polypropylène (TPS 1978)		
50 %	60 °C	PVC (TPS 1978)		
50 %	66 °C			
50 %	85 °C	Chlorure de polyvinyle chloré (TPS 1978)	Polypropylène (TPS 1978)	
50 %	100 °C			
50 %	20 °C		Chlorure de polyvinyle chloré (TPS 1978) Acier inoxydable (ASS)	Acier inoxydable 302 A. inox. 304 A. inox. 410 A. inox. 430 (ASS)
50 %	Ébullition			A. inox. 302 A. inox. 304 A. inox. 316 A. inox. 410 A. inox. 430 (ASS)
50 %		Polyéthylène chlorosulfonique (GPP)		Caoutchouc naturel Styrène/butadiène Polychloroprène Caoutchouc d'acrylonitrile/ butadiène Caoutchouc d'isobutylène/ isoprène Caoutchouc d'éthylène-propylène (GPP)

96 %	20 °C	PVC non plastifié	Polyéthylène Polypropylène Caoutchouc fluoré (Viton) (GF)	Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel Caoutchouc d'acrylonitrile/ butadiène Caoutchouc d'isobutylène/ isoprène Caoutchouc d'éthylène-propylène Polychloroprène Polyéthylène chlorosul-fonique (GF)
96 %	60 °C		PVC non plastifié Polyéthylène (GF)	Polypropylène Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel Caoutchouc d'acrylonitrile/ butadiène Caoutchouc d'isobutylène/ isoprène Caoutchouc d'éthylène-propylène Polychloroprène Caoutchouc fluoré Polyéthylène chlorosulfonique (GF)
98 %	22 °C			PVC Chlorure de polyvinyle chloré (TPS 1978)
98 %	49 °C		Polypropylène (TPS 1978)	
98 %	66 °C		Fluorure de polyvinylidène (Saran) (TPS 1978)	Polypropylène (TPS 1978)
98 %	121 °C			Fluorure de polyvinylidène (TPS 1978)
100 %	22 °C			PVC Chlorure de polyvinyle chloré (TPS 1978)

100 %	23 °C		Polypropylène (TPS 1978)	
100 %	49 °C			Polypropylène (TPS 1978) Caoutchouc naturel Styrène/butadiène Polychloroprène Caoutchouc d'acrylonitrile/ butadiène Caoutchouc d'isobutylène/ isoprène Polyéthylène chlorosulfonique Silicium Caoutchouc d'éthylène-propylène (GPP)
Concentré	20 °C	A. inox. 302 A. inox. 304 A. inox. 316 A. inox. 410 A. inox. 430 (ASS)		
Concentré	40 °C	A. inox. 316 (ASS)	A. inox. 302 A. inox. 304 (ASS)	A. inox. 410 A. inox. 430 (ASS)
Concentré	60 °C		A. inox. 302 A. inox. 304 A. inox. 316 (ASS)	A. inox. 410 A. inox. 430 (ASS)
Concentré	100 °C			A. inox. 302 A. inox. 304 A. inox. 316 (ASS)
Oléum	24 à 260 °C	Verre (CDS 1967)		

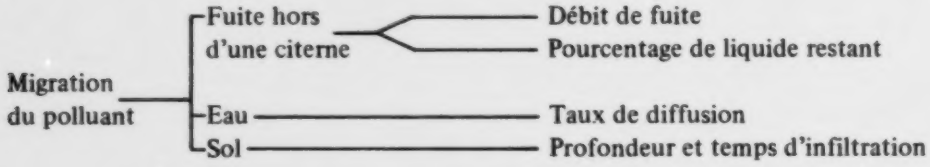
5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

L'acide sulfurique est transporté à l'état liquide dans des wagons-citernes. Déversé dans l'eau, son comportement varie selon la force de la solution: un titre faible entraîne un mélange lent; en revanche, un titre élevé ou de l'oléum provoquent une réaction violente. Déversé sur le sol, l'acide sulfurique se répand à la surface, puis pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. L'infiltration du liquide jusqu'à la nappe phréatique peut créer des problèmes sur le plan de l'environnement.

Comme l'acide sulfurique n'est pas volatil, il n'y a pas à craindre de diffusion dans l'atmosphère.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration d'un polluant dans l'eau ou dans le sol.



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations prudentes des paramètres critiques dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. – Le produit est ordinairement transporté par wagon-citerne, à la pression atmosphérique. Les modèles de wagons-citernes varient beaucoup, de sorte que nous avons dû en choisir un en particulier pour établir les nomogrammes de fuite. Le modèle choisi a un diamètre de 2,75 m, une longueur de 13,4 m et il peut contenir environ 80 000 l. S'il y a rupture de la paroi dans le bas de la citerne remplie, tout le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide, à mesure que le temps s'écoulera. Comme les citernes ne sont pas sous pression et comme le produit est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré sur la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé sur le dessus de la citerne.

Dans le cas d'un orifice situé dans le bas d'une citerne, le débit de sortie, en l'occurrence le débit de fuite, se calcule par la méthode dite des orifices, qui consiste en une formule corrigée du théorème de Torricelli. Le débit de fuite (q), qui est un débit-volume (q_V), est fonction de la surface de la section (s) et de la forme de l'orifice, de la hauteur (h) de liquide au-dessus de l'orifice et du coefficient de débit (Cq) (Streeter, 1971).

Comme la force de pesanteur est souvent supérieure aux forces qui s'y opposent, dont la viscosité, le coefficient de débit est relativement indépendant de la température et de la viscosité du liquide. Dans le cas présent, le coefficient de débit est vraisemblablement constant pour un large éventail de températures et de viscosités. Pour préparer les nomogrammes, on a supposé un coefficient de débit de 0,8.

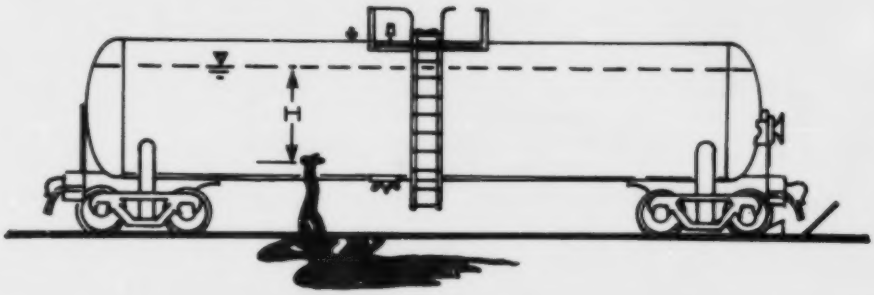


FIGURE 7 WAGON-CITERNE PERCÉ DANS LE BAS

5.2.2 Nomogrammes relatifs aux fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps. – La figure 8 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont des diamètres équivalents et valent pour des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type a 2,75 mètres de diamètre et 13,4 mètres de longueur, qu'il contient 80 000 litres de liquide et qu'il est plein au moment du bris. Le volume de liquide restant, après un temps d'écoulement donné (t), n'est pas seulement fonction du débit de fuite, mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement. – La figure 9 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite après un temps d'écoulement donné (t), en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu bris d'un wagon-citerne type (diamètre de 2,75 m et longueur de 13,4 m) rempli. L'orifice est situé dans le bas de la citerne. Son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir figure 8): si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (soit 28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané après 10 minutes d'écoulement? Solution (voir figure 9): si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané (q) = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

5.3.1 Introduction. – Comme l'acide sulfurique est un liquide non volatil, un dégagement de vapeurs dans l'atmosphère à partir d'un orifice dans la paroi d'une citerne ne présente aucun danger notable du côté sous le vent. Cependant l'oléum, à 30 p. 100 ou plus de SO_3 libre, dégagera des vapeurs de SO_3 s'il est répandu sur le sol ou à la surface de l'eau. Aussi en sera-t-il question dans les paragraphes qui suivent.

Pour évaluer les teneurs en vapeurs du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident et déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité ou de l'inflammabilité, il faut modéliser le transport et la diffusion (turbulente) dans l'atmosphère des vapeurs. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein du panache; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le Manuel d'introduction Enviroguide.)

La figure 10 schématise la diffusion d'un panache polluant émis en continu par une aire source. Le modèle de diffusion considère l'aire source, soit la nappe de liquide, comme un point source virtuel situé du côté au vent à une distance de dix fois le rayon équivalent de la nappe. Le modèle suppose que le point source a le même débit (q) d'émission de vapeurs que l'aire source.

Lorsqu'il y a déversement instantané d'oléum (à 30 p. 100 ou plus de SO_3 libre) sur le sol ou dans l'eau, il y a émission dans l'atmosphère de vapeurs de SO_3. Ces vapeurs réagissent rapidement avec la vapeur d'eau atmosphérique pour former de l'acide sulfurique nucléé. Il en résulte un brouillard acide. Les nomogrammes de diffusion utilisés dans le présent chapitre valent pour la diffusion de vapeurs, non pour celle d'un brouillard, à moins que la répartition des tailles des particules formant ce brouillard soit telle que ce dernier puisse être facilement entraîné du côté sous le vent. Cela supposerait que toutes les particules aient un diamètre inférieur à 20 μm.

En ce qui concerne un déversement d'oléum (à 20 p. 100 de SO_3 libre) dans l'eau, des essais en laboratoire sur modèle réduit ont montré que les particules d'un brouillard d'acide sulfurique ont toutes un diamètre inférieur à 10 μm (Tang et coll., 1982), de sorte qu'elles peuvent être entraînées facilement du côté sous le vent. Cependant, comme il y a dilution de l'oléum dans l'eau, il est raisonnable d'évaluer à 0,1 p. 100 tout au plus la fraction de l'oléum déversé qui serait emportée dans l'air et susceptible de contribuer à la formation d'un brouillard acide, à

Figure 8

ACIDE SULFURIQUE — **POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT/TEMPS D'ÉCOULEMENT**

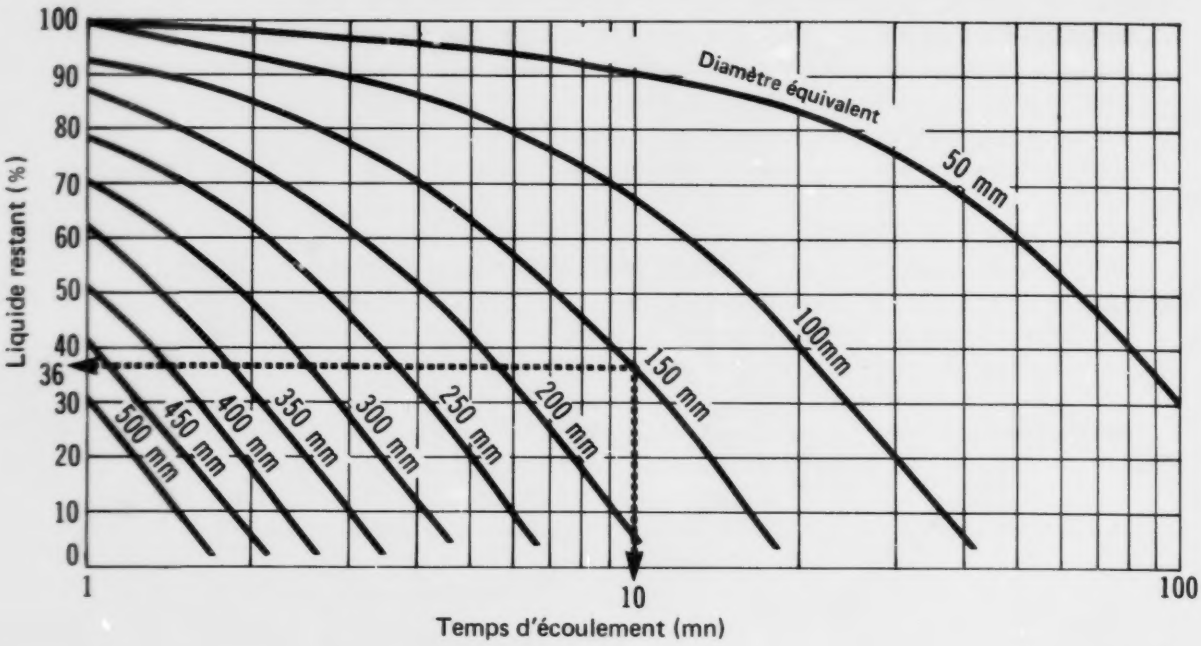


Figure 9

ACIDE SULFURIQUE — **DÉBIT DE FUITE/TEMPS D'ÉCOULEMENT**

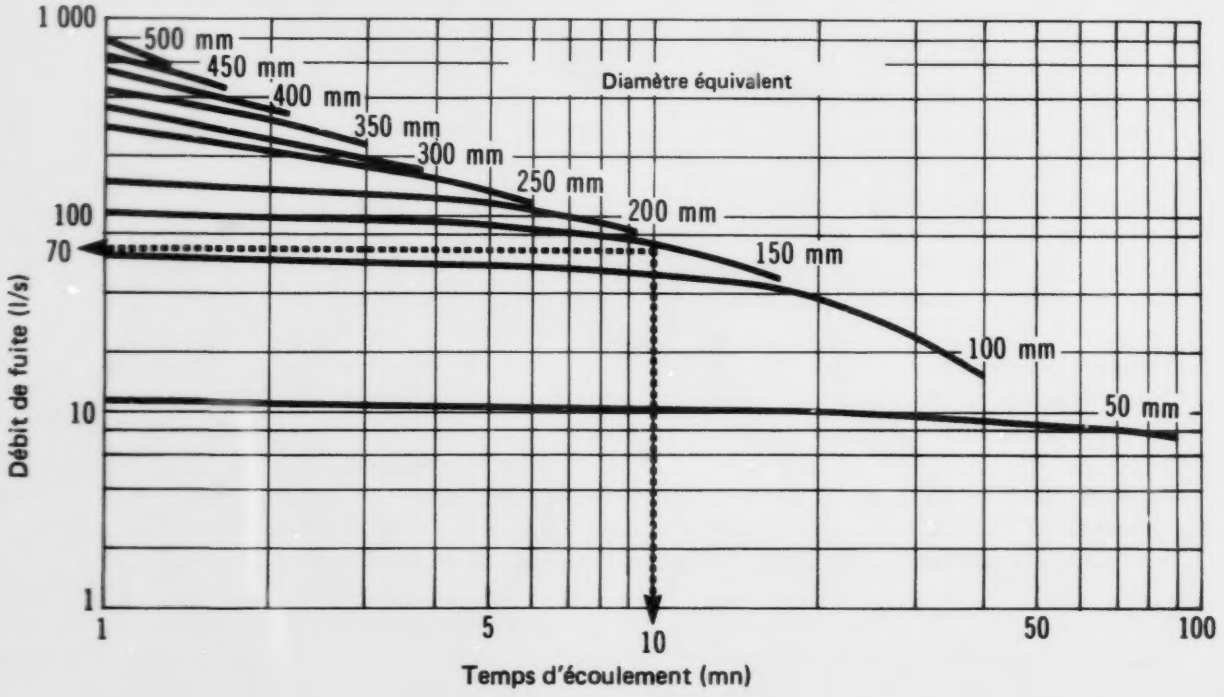
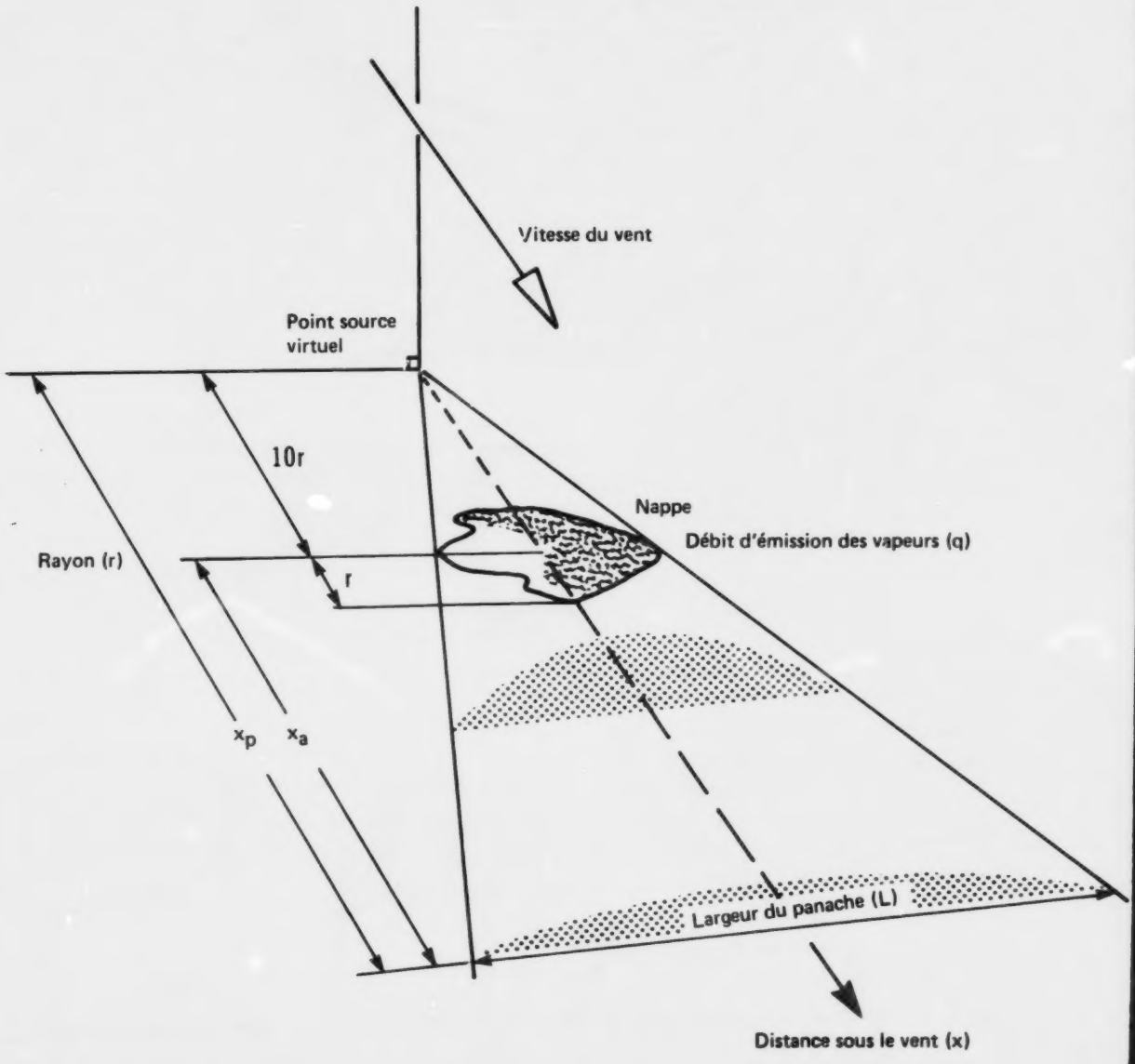


Figure 10

ACIDE SULFURIQUE

FORMATION D'UN PANACHE DE VAPEURS



moins que le déversement ne se produise dans des conditions vraiment exceptionnelles. Par ailleurs, si le déversement se produit sur le sol, il n'y aura peut-être aucune dilution, de sorte qu'une fraction beaucoup plus considérable du SO_3 se retrouvera en suspension dans l'air. C'est donc par prudence que l'on supposera que tout le SO_3 libre de l'oléum déversé (oléum à 30 p. 100 ou plus de SO_3 libre) contribuera à la formation d'un brouillard d'acide sulfurique qui se comportera comme des vapeurs. Cela donnera des estimations modérées dans le cas des déversements sur le sol et des sur-estimations considérables dans le cas des déversements dans l'eau.

5.3.2 **Nomogrammes de diffusion du panache de vapeurs.** – Les nomogrammes de diffusion atmosphérique du panache servent à déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité et de l'inflammabilité. Les nomogrammes, figures et tableaux présentés ci-dessous apparaissent dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés, comme le lecteur pourra s'en rendre compte dans les pages qui suivent.

Figure 12 Débit d'émission des vapeurs se dégageant d'une nappe liquide, calculé en fonction du rayon maximal de la nappe et pour diverses températures

Tableau 10 Conditions météorologiques (catégories de stabilité)

Figure 13 Teneur uniformisée en vapeurs, calculée en fonction d'une distance donnée sous le vent et pour différentes catégories de conditions météorologiques

Tableau 11 Demi-largeurs maximales du panache dangereux

Figure 14 Distance parcourue par le panache, calculée en fonction du temps écoulé depuis le déversement et pour différentes vitesses de vent

La figure 11 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, ce sont les étapes encadrées par un pointillé qui servent dans la présente section. (Les données relatives au volume total de liquide déversé figurent à la section 5.2.) Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de diffusion et à son utilisation.

5.3.2.1 **Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température.** – Le Manuel d'introduction Enviroguide fournit des équations sur le taux d'évaporation permettant de calculer le taux d'évaporation propre à l'acide sulfurique (comme vapeurs de SO_3 provenant de l'oléum). À une température de 20 °C et sous un vent dont la vitesse est de 4,5 m/s (16,1 km/h), ce taux est de 0,26 $g/m^2 \cdot s$. D'autres taux ont été calculés à l'aide d'une équation qui, pour un vent donné, tient compte de la température ambiante et de la tension de vapeur du produit (CRC, 1980) à cette température. Ainsi, pour un vent dont la vitesse est de 4,5 m/s, le taux d'évaporation est de 0,053 $g/m^2 \cdot s$ à 0 °C, alors qu'il est de 0,56 $g/m^2 \cdot s$ à 30 °C. À noter que dans un cas de déversement réel les vapeurs de SO_3 émises par la nappe liquide abaissent progressivement la teneur de l'oléum en SO_3 libre et qu'il en résulte un taux décroissant d'évaporation du SO_3 à mesure que le temps passe. En fondant son calcul sur la teneur initiale en SO_3, l'utilisateur met donc les choses au pire.

En supposant une épaisseur de liquide de 2 mm, on peut calculer le rayon maximal de la nappe selon le volume de liquide déversé. Le rayon et le taux d'évaporation ainsi calculés permettent d'établir le nomogramme de la figure 12 sur la relation entre le rayon de la nappe et le débit d'émission des vapeurs.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

Pour une nappe de rayon connu, le débit (q) d'émission des vapeurs dans l'atmosphère à une température donnée peut être évalué à l'aide de la figure 12. Les segments continus des

Figure 11

ACIDE SULFURIQUE — **ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE**

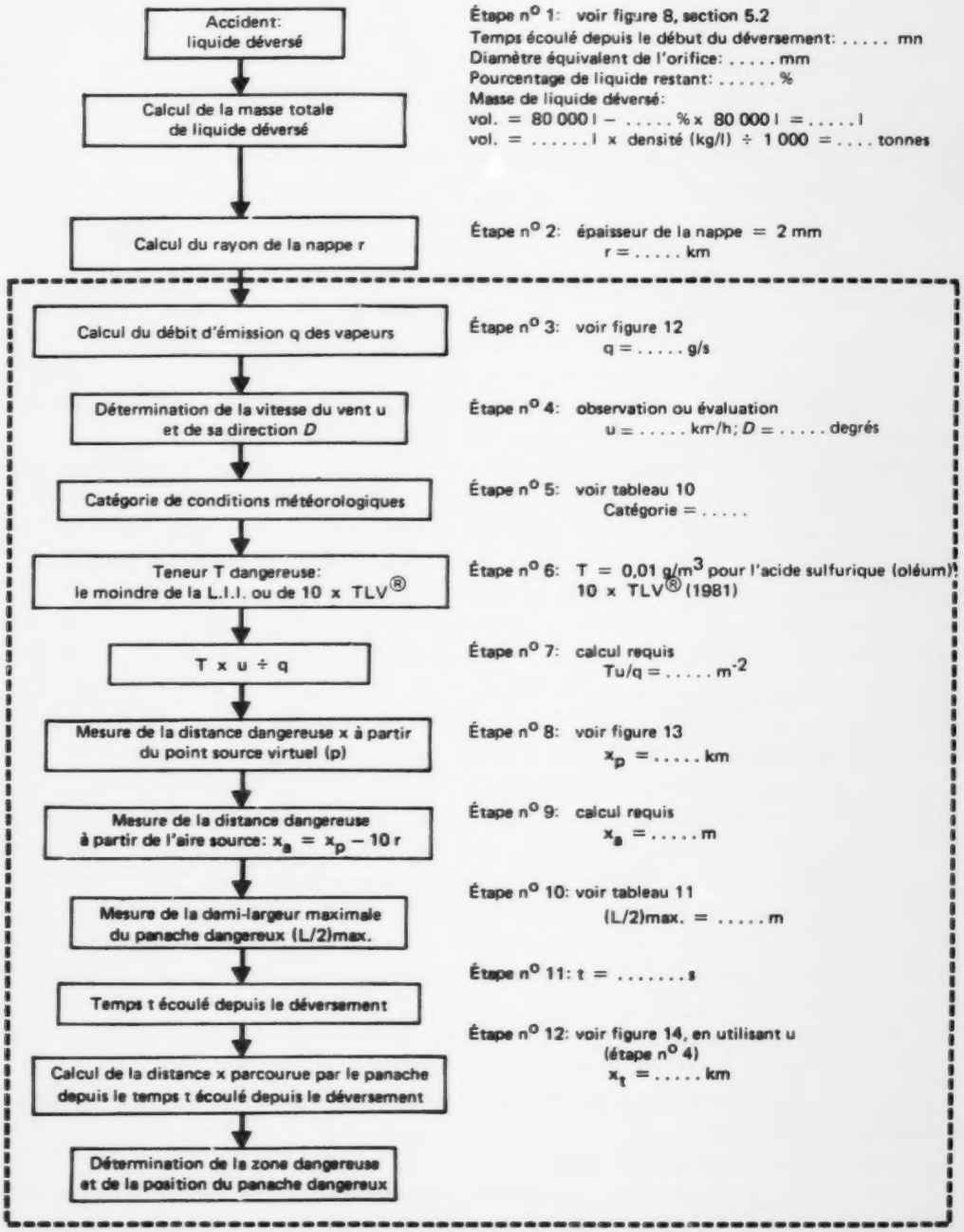
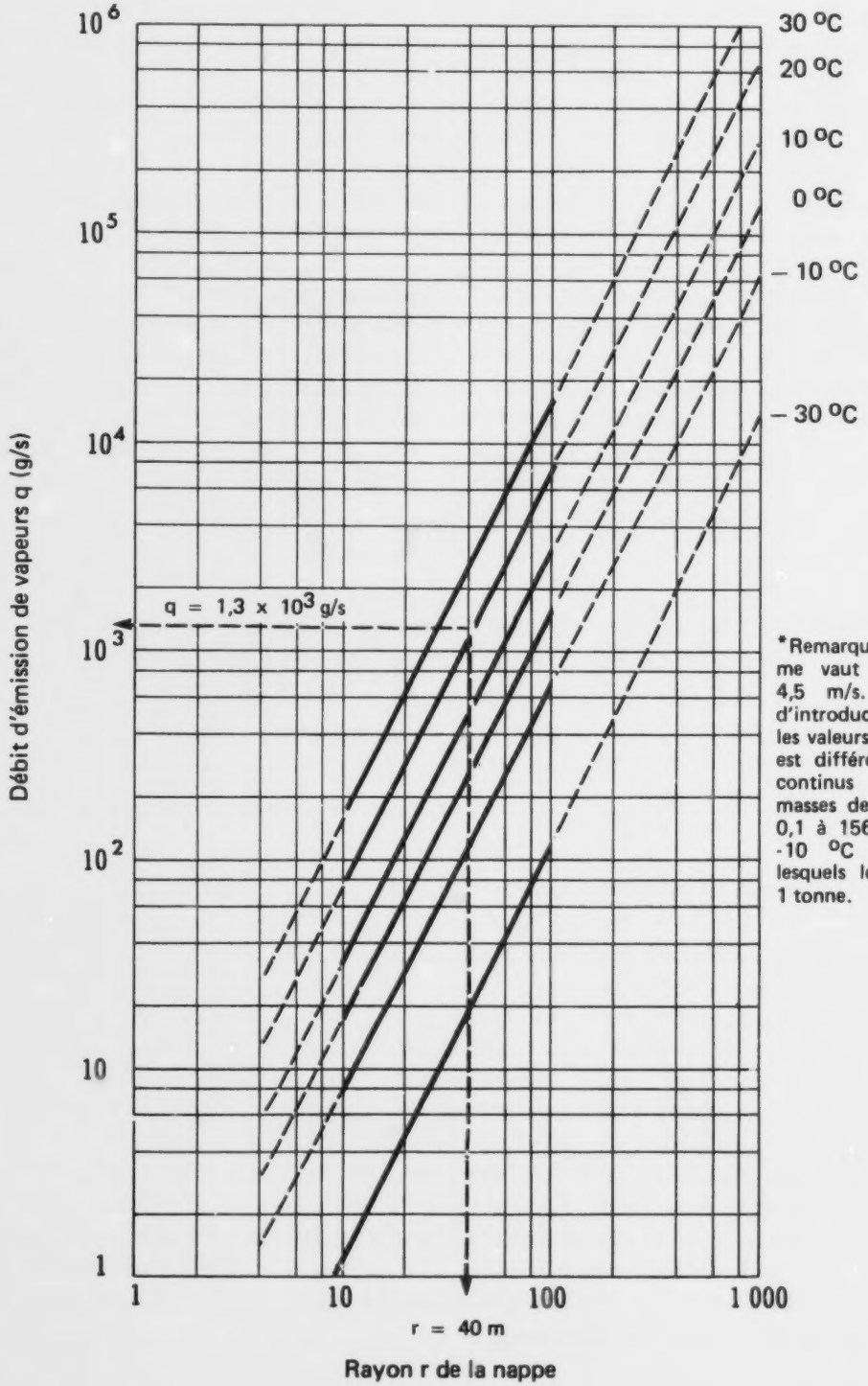


Figure 12

ACIDE SULFURIQUE

DÉBIT D'ÉMISSION DE VAPEURS À DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES*, EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE



*Remarque. – Le nomogramme vaut pour un vent de 4,5 m/s. Voir le Manuel d'introduction pour convertir les valeurs si la vitesse du vent est différente. Les segments continus représentent des masses de liquide déversé de 0,1 à 156 tonnes, sauf pour -10 °C et -30 °C pour lesquels le minimum est de 1 tonne.

droites représentent des quantités déversées allant de 0,1 à 156 tonnes, ce dernier chiffre correspondant à peu près au volume type de 80 000 litres (17 600 gal imp.) contenu dans un wagon-citerne chargé d'oléum. Le lecteur notera que la figure 12 vaut pour une vitesse du vent de 4,5 m/s (16,1 km/h); elle ne permet donc qu'une évaluation approximative du débit d'émission pour toute autre vitesse du vent. En revanche, le Manuel d'introduction Enviroguide fournit l'équation qui permet d'établir le taux d'évaporation pour une vitesse de vent donnée à partir du taux pour une vitesse de 4,5 m/s.

Le calcul du débit d'émission se fait à partir d'un rayon arbitraire de nappe recouvrant un sol plat. Le rayon de la nappe, pour un volume donné de liquide déversé, a été calculé en supposant une épaisseur de 2 mm de liquide et un étalement symétrique. Cela est censé donner un rayon maximal: en effet, il est probable que dans un cas de déversement réel la surface du sol sera irrégulière ou poreuse de sorte que le rayon de la nappe sera inférieur.

5.3.2.2 Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent. – La figure 13 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, sous forme de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories D et F de conditions (météorologiques) de stabilité. Le nomogramme a été établi à l'aide des modèles de diffusion décrits dans le Manuel d'introduction Enviroguide. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée (Tu/q) au niveau du sol le long de la médiane du panache schématisé. La catégorie F est la moins propice à la diffusion du panache; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 9) avant d'utiliser la figure 13.

Tableau 9
Deux catégories de conditions (météorologiques) de stabilité

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent < 11 km/h (~ 3 m/s) et l'une des conditions suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température.	Valable pour toutes les autres conditions.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

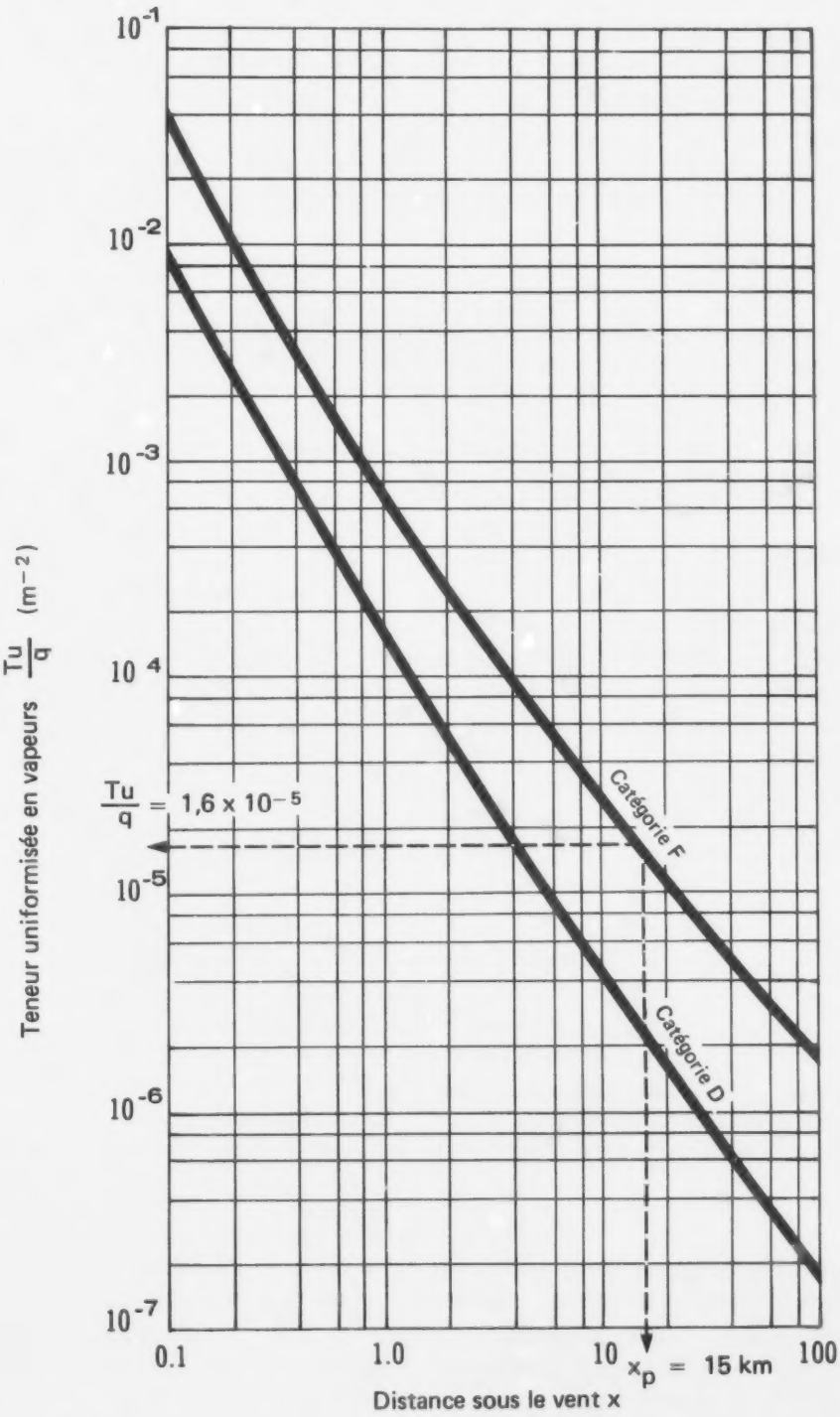
La distance maximale dangereuse du côté sous le vent (x) peut être déterminée à l'aide de la figure 13, si l'on possède les données suivantes:
Débit (q) d'émission des vapeurs, en g/s;
Vitesse du vent (u), en m/s;
Catégorie de conditions (météorologiques) de stabilité;
Teneur (T) dangereuse limite, soit la valeur la moindre entre 10 fois la *Threshold Limit Value*® (g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (g/m^3), sauf s'il s'agit de vapeurs ininflammables, auquel cas il faut opter pour 10 x TLV®. À noter que la TLV®, dans le cas de l'acide sulfurique et de l'oléum, est indiquée en g/m^3 et qu'il ne convient pas de l'exprimer en ppm.

Une teneur dangereuse limite, égale à 10 x TLV®, a été choisie de façon arbitraire; elle représente une limite «relativement réaliste» au-delà de laquelle une exposition de courte durée (30 minutes) présente un danger pour la santé. La TLV® est une norme d'exposition de longue durée sur les lieux de travail. Si elle était utilisée comme teneur limite dangereuse, la zone dangereuse atteindrait des proportions démesurées.

Figure 13

ACIDE SULFURIQUE

TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT



5.3.2.3 Demi-largeur maximale du panache dangereux. – Le tableau 10 présente des valeurs de la demi-largeur maximale du panache (L/2)max. pour une plage de valeurs q/u, en fonction des conditions de stabilité D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion expliqués dans le Manuel d'introduction Enviroguide, en supposant une teneur dangereuse limite (ce qu'on appelle communément une teneur maximale admissible) égale à 10 fois la TLV® attribuée à l'oléum (soit 10 x 0,001 g/m^3 = 0,01 g/m^3). La demi-largeur du panache dangereux représente la demi-largeur du nuage de vapeurs d'oléum, situé du côté sous le vent et atteignant une teneur égale à 10 x TLV®. Le tableau 10 ne s'applique donc que dans le cas de cette teneur limite de 0,01 g/m^3. À noter que la distance maximale considérée est de 100 kilomètres.

Tableau 10
Demi-largeurs maximales du panache dangereux (à 20 °C)

Catégorie de stabilité D			Catégorie de stabilité F		
q/u (g/m)	(L/2)max. (m)		q/u (g/m)	(L/2)max. (m)	
70 000	3 430	x = 99,5 km	6 000	1 430	x = 99,5 km
60 000	3 115		5 000	1 250	
50 000	2 785		4 000	1 060	
40 000	2 425		3 000	855	
30 000	2 030		2 000	630	
25 000	1 815		1 000	380	
20 000	1 580		750	310	
15 000	1 320	q/u = 619→	500	240	→(L/2)max. = 275 m
10 000	1 030		250	155	
7 500	860		100	85	
5 000	670		50	55	
2 500	450		25	35	
1 000	260		10	25	
750	220				
500	175				
250	115				
100	70				
50	45				
10	20				

Note. – Les données ci-dessus ne valent que pour une teneur de 0,01 g/m^3.
Exemple. – Pour un débit d'émission de vapeurs q = 1,3 x 10^3 g/s, une vitesse du vent u = 2,1 m/s et des conditions météorologiques de catégorie F, q/u = 619 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale du panache (L/2)max. de 275 m.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité D, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 30 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission (q) utilisé, qui va de 300 à 70 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 5 et 1 100 tonnes. Si tout le contenu, soit 80 000 l (17 600 gal imp.) d'un wagon-citerne était déversé, cela représenterait une masse de 156 000 kg (156 tonnes). Le tableau 10, pour la catégorie D, fournit des chiffres calculés en fonction de masses jusqu'à 7 fois plus considérables.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité F, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 3 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission (q) utilisé, qui va de 30 à 6 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 0,5 et 90 tonnes. Le tableau 10, pour la catégorie F, fournit des chiffres calculés en fonction de masses atteignant jusqu'à 60 p. 100 du contenu d'un wagon-citerne standard.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

À partir de valeurs connues de q et de u et en fonction d'une catégorie donnée de stabilité, calculez q/u. Choisissez la valeur q/u la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante, en mètres. Si vous désirez un résultat un peu plus précis, déterminez par interpolation les valeurs q/u et (L/2)max. (Voir également l'exemple qui accompagne le tableau 10.)

5.3.2.4 Distance parcourue par le panache, en fonction du temps écoulé. – La figure 14 indique la distance (x) parcourue par le panache après un temps (t) de déplacement pour une vitesse de vent (u) donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ appliquée à un éventail de vitesses de vent courantes.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La vitesse du vent (u) et le temps (t) de déplacement du panache étant connus, la distance (x_t) parcourue du côté sous le vent peut être obtenue.

5.3.3 Exemple de calcul. – L'exemple donné ci-dessous illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse du côté sous le vent du lieu où se produit un déversement. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites dans le présent guide ou dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les estimations ne valent que pour les conditions précisées. Il est souhaitable que l'utilisateur, dans un cas de déversement réel, se serve de données connues ou observables (par exemple en ce qui concerne le rayon de la nappe).

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes d'oléum ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 05. La température est de 20 °C et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km/h. Déterminer la zone de vapeurs dangereuses.

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 La masse *m* de liquide déversé est de 20 tonnes.

Étape 2 Calculer le rayon r de la nappe.

Utiliser le rayon mesuré sur place si cela est possible.

Sinon, en supposant une épaisseur de liquide de 2 mm,

$$\text{le rayon r en mètres} = \sqrt{\frac{m}{\pi \times \text{épaisseur} \times \rho}}$$

$$\text{ici: } r = \sqrt{\frac{m \text{ (en tonnes)}}{0{,}012}} = \frac{20}{0{,}012} = 40 \text{ m}$$

$r = 40 \div 1\,000 = 0{,}04$ km.

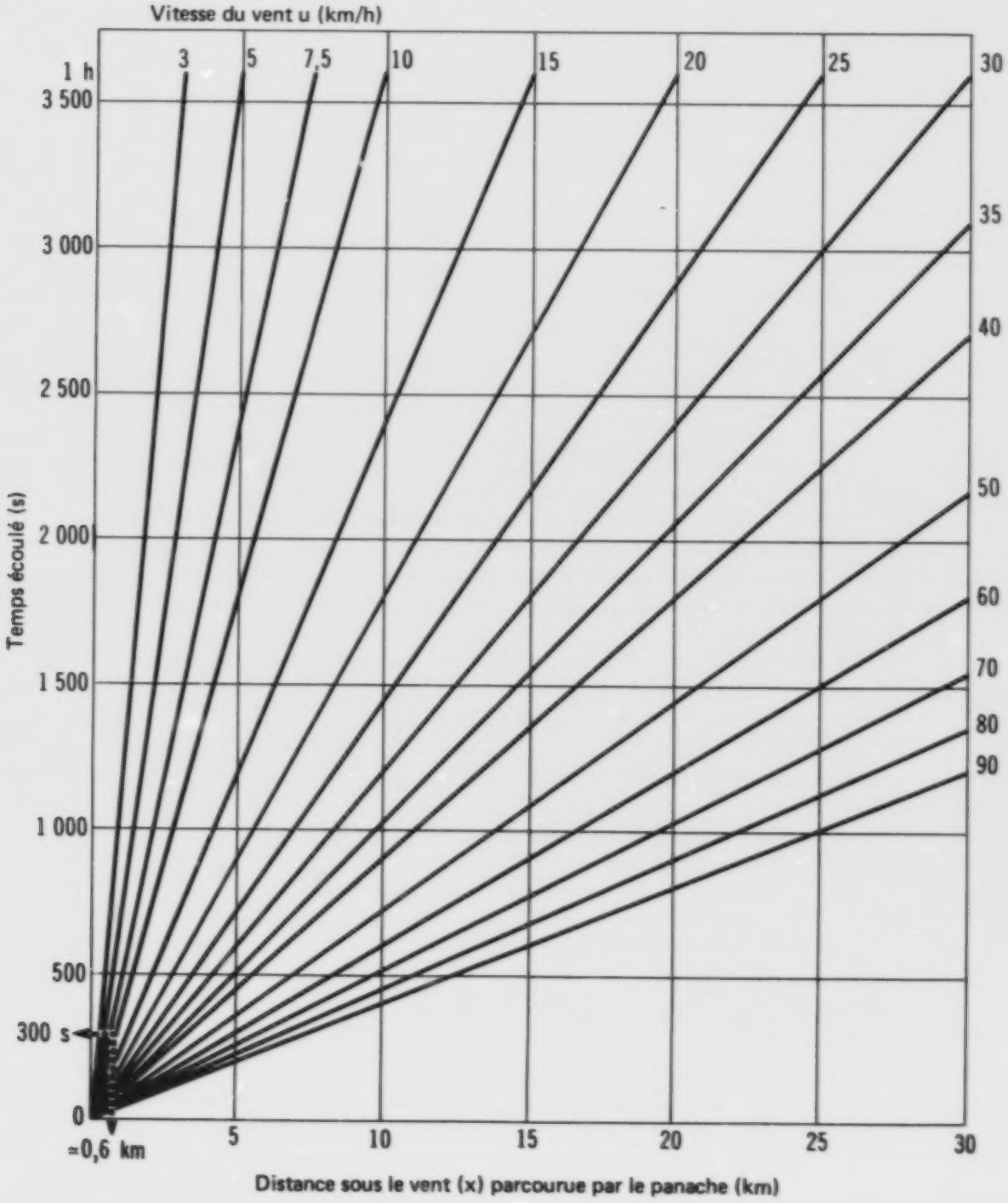
Étape 3 Calculer le débit d'émission q à temp. = 20 °C.

Selon la figure 12, r = 40 m et temp. = 20 °C; $q = 1{,}3 \times 10^3$ g/s.

Figure 14

ACIDE SULFURIQUE

DISTANCE PARCOURUE PAR LE PANACHE
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



Étape 4 Déterminer la vitesse du vent u et sa direction *D*.

Utiliser l'information accessible sur les conditions météorologiques, de préférence à partir d'observations faites sur le terrain. Ici:

$u = 7{,}5$ km/h; $u = 7{,}5 \div 3{,}6 = 2{,}1$ m/s;

D = N.-O. ou 315° (D = direction d'où souffle le vent).

Étape 5 Déterminer la catégorie appropriée de conditions météorologiques.

Le tableau 9 permet d'établir qu'il s'agit de la catégorie F, puisque $u < 11$ km/h et que le déversement se produit au cours de la nuit.

Étape 6 Déterminer la teneur T dangereuse limite.

Opter pour la valeur la moindre entre 10 x TLV® et la limite inférieure d'inflammabilité; dans le cas présent les vapeurs ne sont pas inflammables, donc:

$T = 10 \times TLV^{®} = 0{,}01$ g/m^3.

Étape 7 Calculer Tu/q.

$$Tu/q = \frac{0{,}01 \times 2{,}1}{1{,}3 \times 10^3} = 1{,}6 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2}.$$

Étape 8 Calculer la distance maximale dangereuse du côté sous le vent x à partir du point source p virtuel.

Voir figure 13. Pour une catégorie F de conditions météorologiques,

si $Tu/q = 1{,}6 \times 10^{-5}$ m^{-2}, $x_p = 15$ km.

Étape 9 Calculer la distance dangereuse maximale du côté sous le vent x à partir de l'aire source a.

Comme $x_p = 15$ km et $r = 0{,}04$ km,

$x_a = x_p - 10\,r = 15 \text{ km} - 10\ (0{,}04 \text{ km}) = 14{,}6$ km.

Étape 10 Calculer la demi-largeur maximale du panache dangereux.

Se servir du tableau 11. Comme $q = 1{,}3 \times 10^3$ g/s et $u = 2{,}1$ m/s,

$$q/u = \frac{1{,}3 \times 10^3}{2{,}1} = 619 \text{ g/m};$$

pour la catégorie F de conditions météorologiques, la valeur de q/u la plus proche se situe entre 500 et 750 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale de 275 m.

Étape 11 Déterminer le temps t écoulé depuis le début du déversement,

$t = 5 \text{ mn} \times 60 = 300$ s.

Étape 12 Calculer la distance sous le vent x parcourue par le panache depuis le début du déversement.

Se servir de la figure 14. Comme $t = 300$ s et $u = 7{,}5$ km/h,

$x_t = 0{,}6$ km (plus précisément: $ut = 2{,}1 \text{ m/s} \times 300 \text{ s} = 630 \text{ m} = 0{,}63$ km).

Étape 13 Schématiser la zone dangereuse.

Cela se fait en formant un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent (chacun) deux fois la demi-largeur maximale du panache dangereux (275 m), alors que les deux autres côtés mesurent (chacun) l'équivalent de la distance maximale dangereuse sous le vent à partir de l'aire source, soit 14,6 km, et sont orientés dans la direction du vent (voir figure 15).

Si le vent ne fluctue que de 20° (315° ± 10°), le schéma de la zone dangereuse correspond à la figure 16.

Note. – Au cours des 5 minutes qui se sont écoulées depuis le début du déversement, le panache a franchi seulement 0,63 km. Sous un vent de 7,5 km/h, il s'écoulerait encore 112 minutes avant que le panache ne franchisse la distance maximale dangereuse sous le vent, soit 14,6 km.

Figure 15

ACIDE SULFURIQUE

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT INVARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME

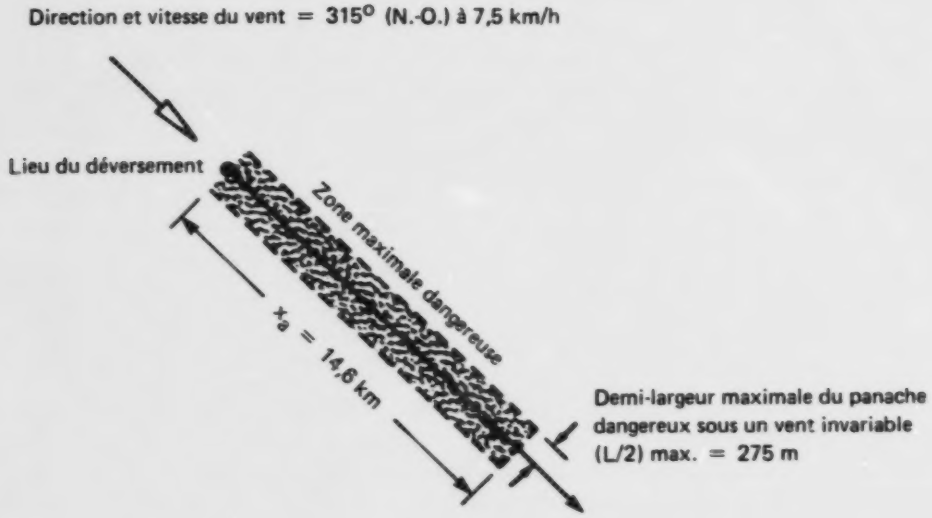
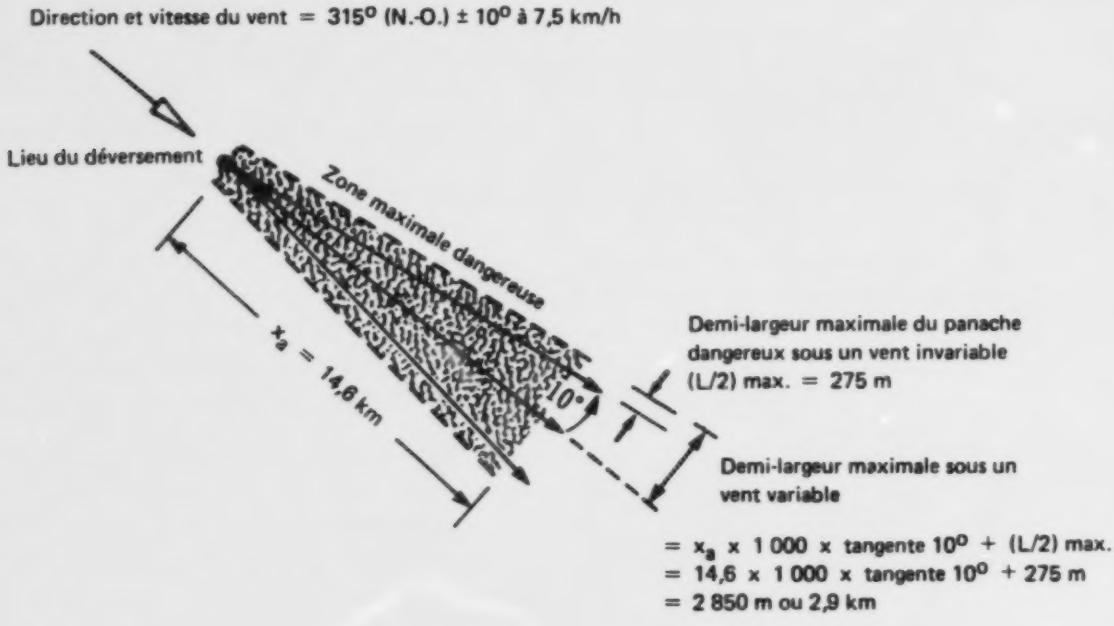


Figure 16

ACIDE SULFURIQUE

ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT VARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME



5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – Lorsque l'acide sulfurique est déversé dans l'eau, il s'enfonce et se mélange lentement avec celle-ci. Dans les paragraphes qui suivent, les auteurs ont supposé que l'acide sulfurique était déjà dissous ou mélangé dans l'eau. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les rivières, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent; alors que dans une étendue d'eau calme, il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'une rivière en aval d'un lieu de déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Ce modèle s'applique aux liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et aux solides qui se dissolvent dans l'eau. Comme la densité relative de l'acide sulfurique est supérieure à celle de l'eau, la teneur maximale devrait être observée près du fond.

Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux rivières dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le Manuel d'introduction Enviroguide.)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans une étendue d'eau calme, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.2 Nomogrammes de diffusion du polluant dans l'eau. – Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer les teneurs en polluant dans les rivières non soumises aux marées et dans les étendues d'eau calme.

A. – Rivières non soumises aux marées

Figure 18 Distance en fonction du temps pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement

Figure 19 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau)

Figure 20 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique pour une plage de vitesses moyennes de l'écoulement

Figure 21 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente pour différentes valeurs de temps écoulé

Figure 22 Delta* en fonction de alpha pour différentes masses de liquide déversé

Figure 23 Teneur maximale en fonction de delta pour des sections mouillées de différentes surfaces

B. – Étendues d'eau calme ou lacs (au repos)

Figure 24 Volume d'eau en fonction du rayon de la zone dangereuse pour différentes profondeurs du lac (hauteurs d'eau)

Figure 25 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse pour différentes masses de liquide déversé

---

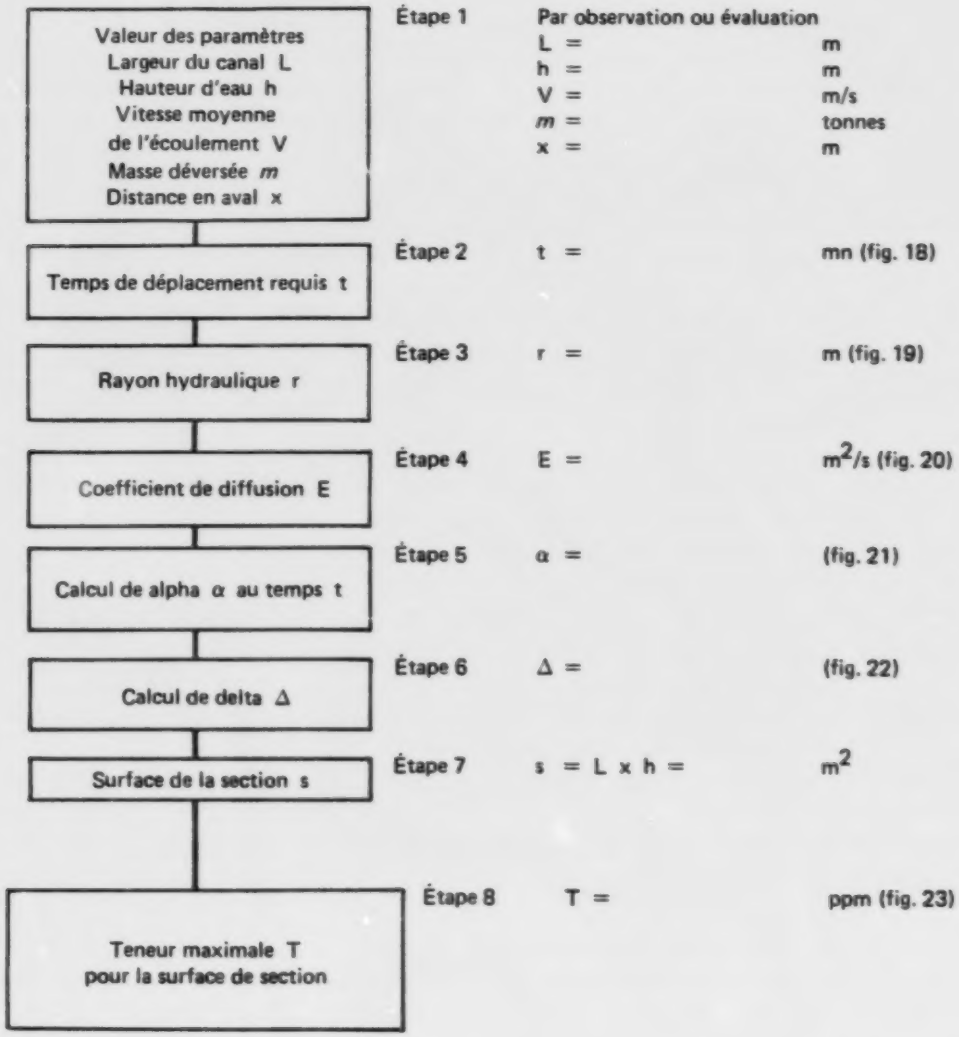
*Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

La figure 17 présente les étapes à suivre pour évaluer la teneur en un point en aval après un déversement et indique les nomogrammes à utiliser; ces derniers sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

Figure 17

ACIDE SULFURIQUE

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT DANS UNE RIVIÈRE NON SOUMISE AUX MARÉES



5.4.2.1 Diffusion dans les rivières non soumises aux marées

Figure 18 Distance en fonction du temps. – Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement (V) donnée, le temps (t) que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance (x) donnée en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 19 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. – Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur (L), ayant une hauteur d'eau (h). Le rayon hydraulique (r) doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente (E). Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section (s) mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillé (B). La figure 19 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

Figure 20 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. – Les données connues sur le rayon hydraulique (r) et sur la vitesse moyenne de l'écoulement (V) permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente (E).

Figure 21 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. – Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion (α); ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente (E) et du temps (t) requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

Figure 22 Delta en fonction de alpha. – Un second facteur de conversion, delta (Δ), est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta est fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 23 Teneur maximale en fonction de delta. – Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée (s), le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles dans l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

5.4.2.2 Diffusion dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos)

Figure 24 Volume d'eau en fonction du rayon. – L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible (dans l'eau), de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon (r) et de longueur (h) égale à la hauteur d'eau à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 24. Le rayon (r) équivaut à la distance (x) entre le lieu du déversement et le point en aval où la teneur est mesurée.

Figure 25 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. – Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de substances dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.3 Exemples de calcul

5.4.3.1 Teneur en polluant dans une rivière non soumise aux marées. – Vingt tonnes d'une solution d'acide sulfurique à 50 p. 100 ont été déversées dans une rivière. La hauteur d'eau (h) est de 5 m et la largeur (L), de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s.

Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
$L = 50$ m; $h = 5$ m; $V = 1$ m/s; $x = 5\,000$ m:
m = 20 tonnes d'une solution à 50 p. 100 = 10 tonnes d'une solution à 100 p. 100

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point qui nous intéresse.
Comme $x = 5\,000$ m et $V = 1$ m/s, $t = 83$ mn (fig. 18)

Étape 3 Déterminer le rayon hydraulique.
Comme $L = 50$ m et $h = 5$ m, $r = 4{,}2$ m (fig. 19)

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente.
Comme $r = 4{,}2$ m et $V = 1$ m/s, $E = 69$ m^2/s (fig. 20)

Étape 5 Déterminer alpha.
Comme $E = 69$ m^2/s et $t = 83$ mn, $\alpha = 2\,000$ (fig. 21)

Étape 6 Déterminer delta.
Comme $\alpha = 2\,000$ et $m = 10$ tonnes, $\Delta = 5$ (fig. 22)

Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée.
$s = L \times h = 50 \times 5 = 250$ m^2

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point qui nous intéresse.
Comme $\Delta = 5$ et $s = 250$ m^2, $T = 20$ ppm (fig. 23)

5.4.3.2 Teneur en polluant dans les étendues d'eau calme ou les lacs (au repos). – Vingt tonnes d'une solution d'acide sulfurique à 50 p. 100 ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1 000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point qui nous intéresse, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer les paramètres.
$h = 5$ m; $r = 1\,000$ m: $m = 10$ tonnes (l'équivalent de la solution à 100 p. 100)

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.
Comme $r = 1\,000$ m et $h = 5$ m, vol. $= 1{,}6 \times 10^7$ m^3 environ (fig. 24)

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.
Comme vol. $= 1{,}6 \times 10^7$ m^3 et $m = 10$ tonnes, $T = 0{,}63$ ppm (fig. 25)

5.5 Comportement dans la subsurface

5.5.1 Introduction. – À la pression atmosphérique normale, le point d'ébullition de l'acide sulfurique se situe à 310 °C. Aussi l'évaporation est-elle faible lorsque le produit est déversé sur le sol à une température inférieure à ce point.

Comme l'acide sulfurique et l'eau sont miscibles, l'eau, qu'elle soit déjà présente dans le sol ou qu'elle tombe sous forme de précipitation, influe sur la vitesse de migration de la substance dans le sol. Un acide sulfurique de titre fort réagit violemment avec l'eau, en dégageant beaucoup de chaleur. La dilution entraîne une diminution plus grande de la viscosité que de la densité (masse volumique); il en résulte une accélération du mouvement descendant de la substance dans le sol.

Si le sol de surface est saturé en eau au moment où se produit le déversement, comme cela peut être le cas à la suite d'une précipitation, le produit déversé ruissellera ou formera une mare.

Dans la présente section, les auteurs ont attribué au sol une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant; il s'agit d'un cas typique.

Figure 18

ACIDE SULFURIQUE

DISTANCE EN FONCTION DU TEMPS

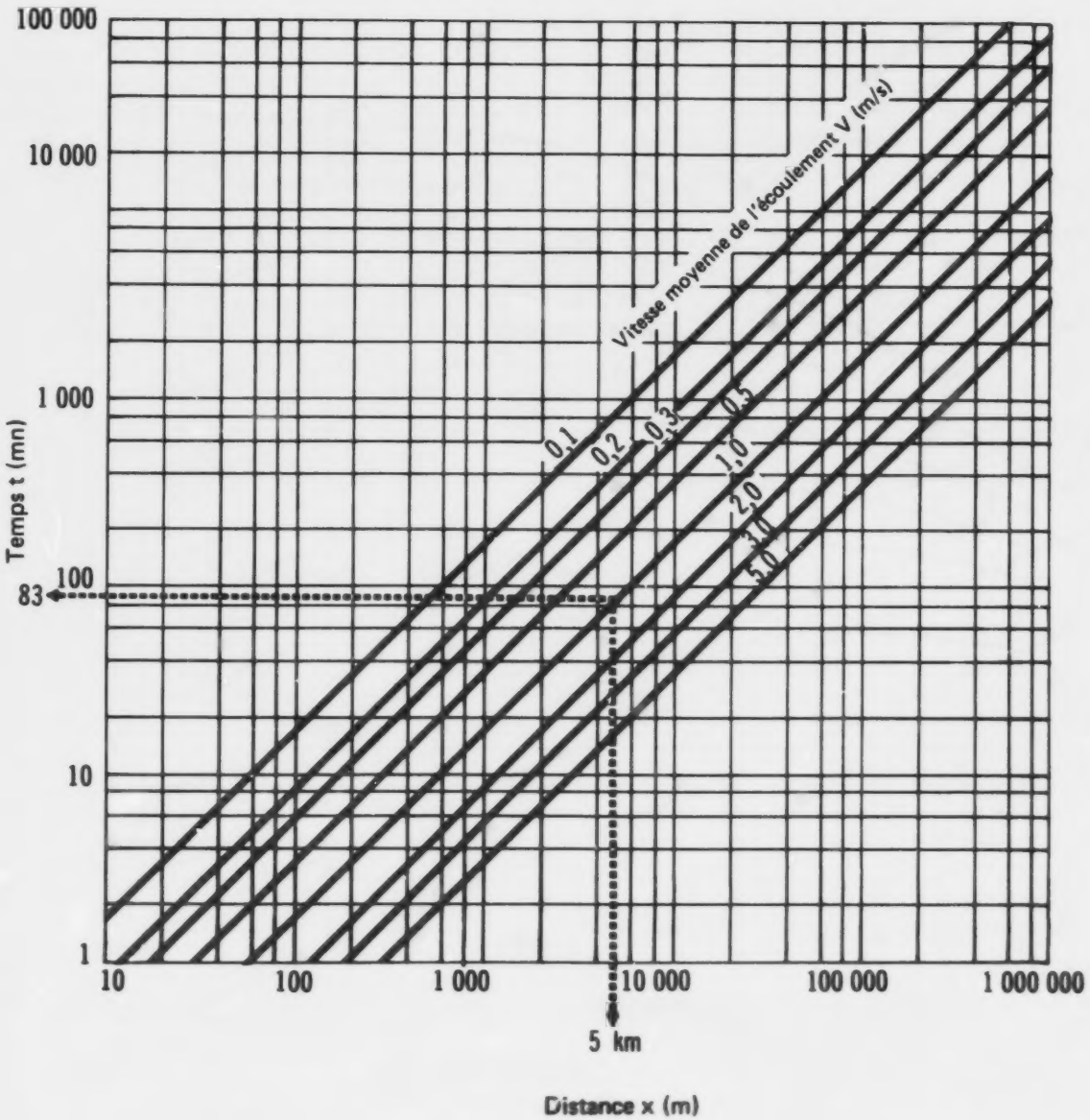


Figure 19

ACIDE SULFURIQUE

RAYON HYDRAULIQUE
EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

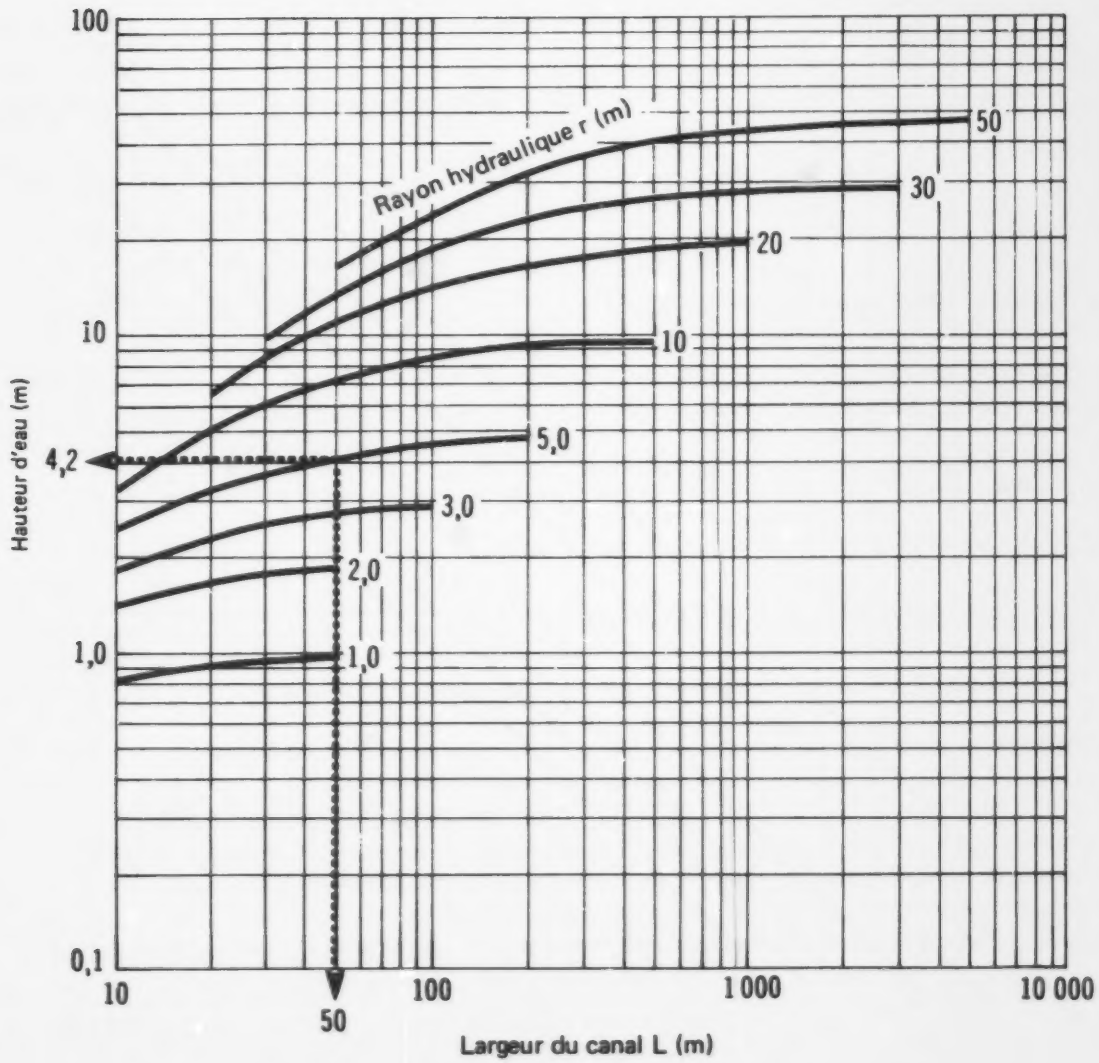


Figure 20

ACIDE SULFURIQUE

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

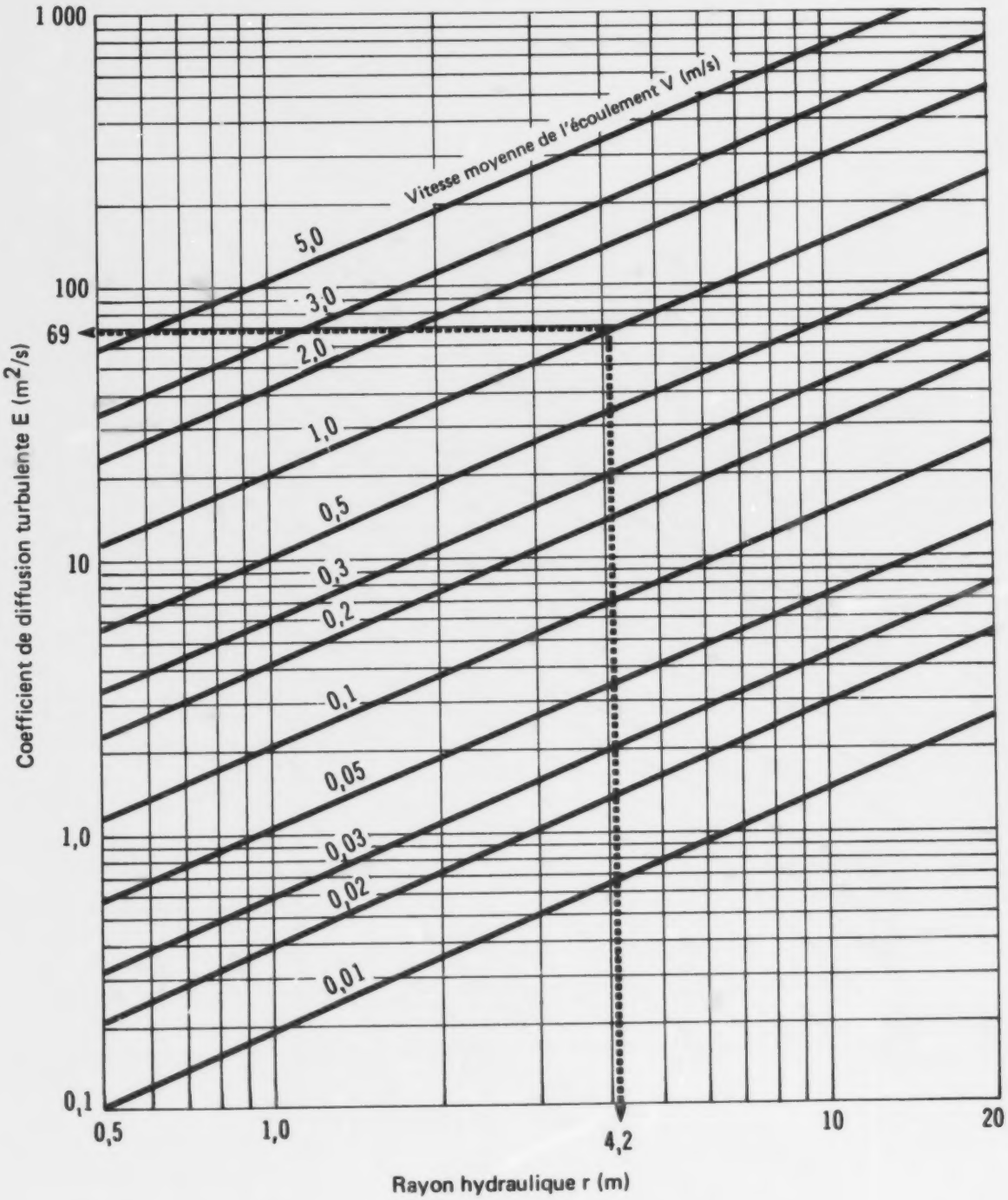


Figure 21

ACIDE SULFURIQUE

ALPHA
EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

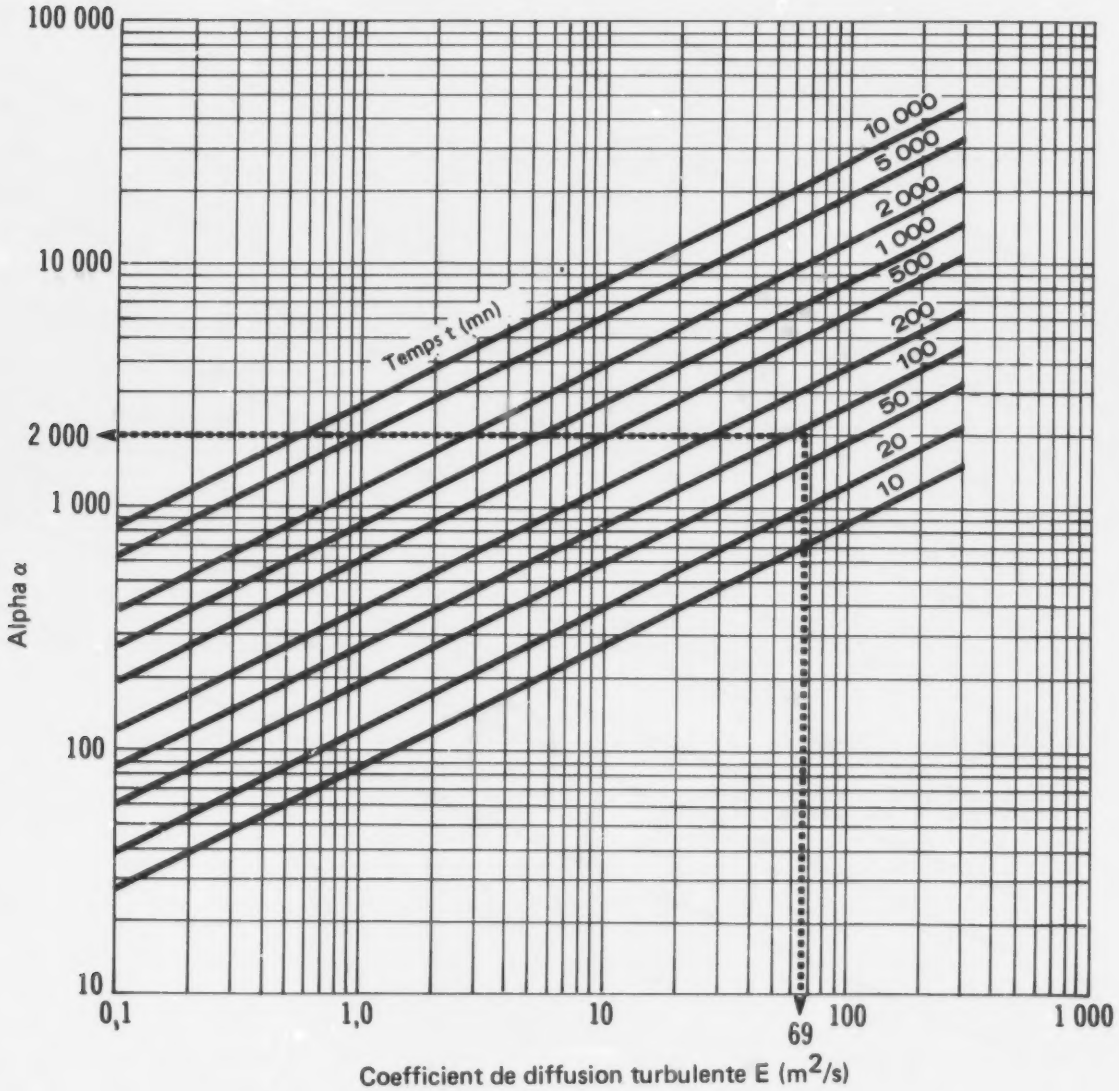


Figure 22

ACIDE SULFURIQUE

DELTA
EN FONCTION DE ALPHA

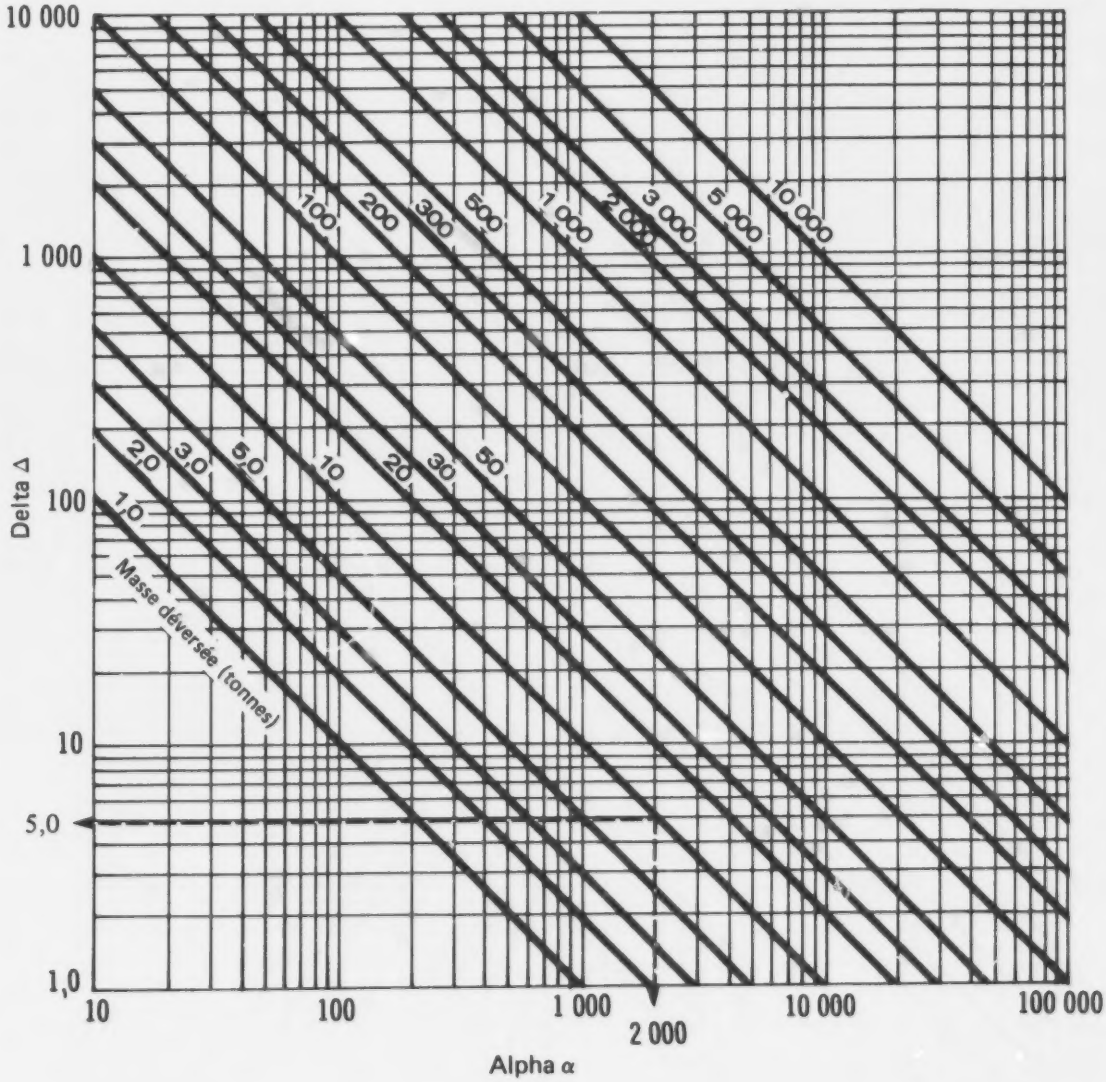


Figure 23

ACIDE SULFURIQUE

TENEUR MAXIMALE
EN FONCTION DE DELTA

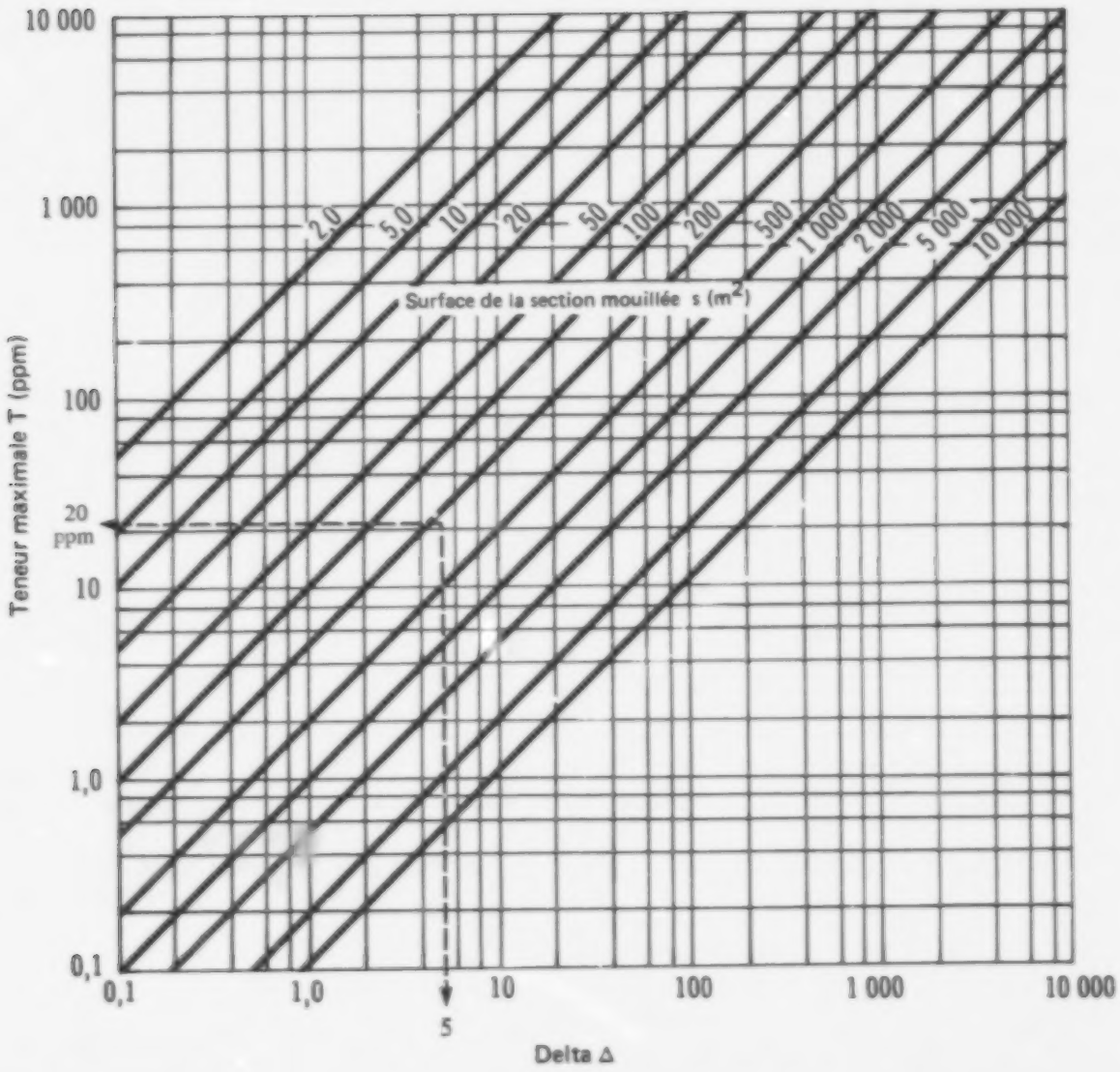


Figure 24

ACIDE SULFURIQUE

VOLUME D'EAU
EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

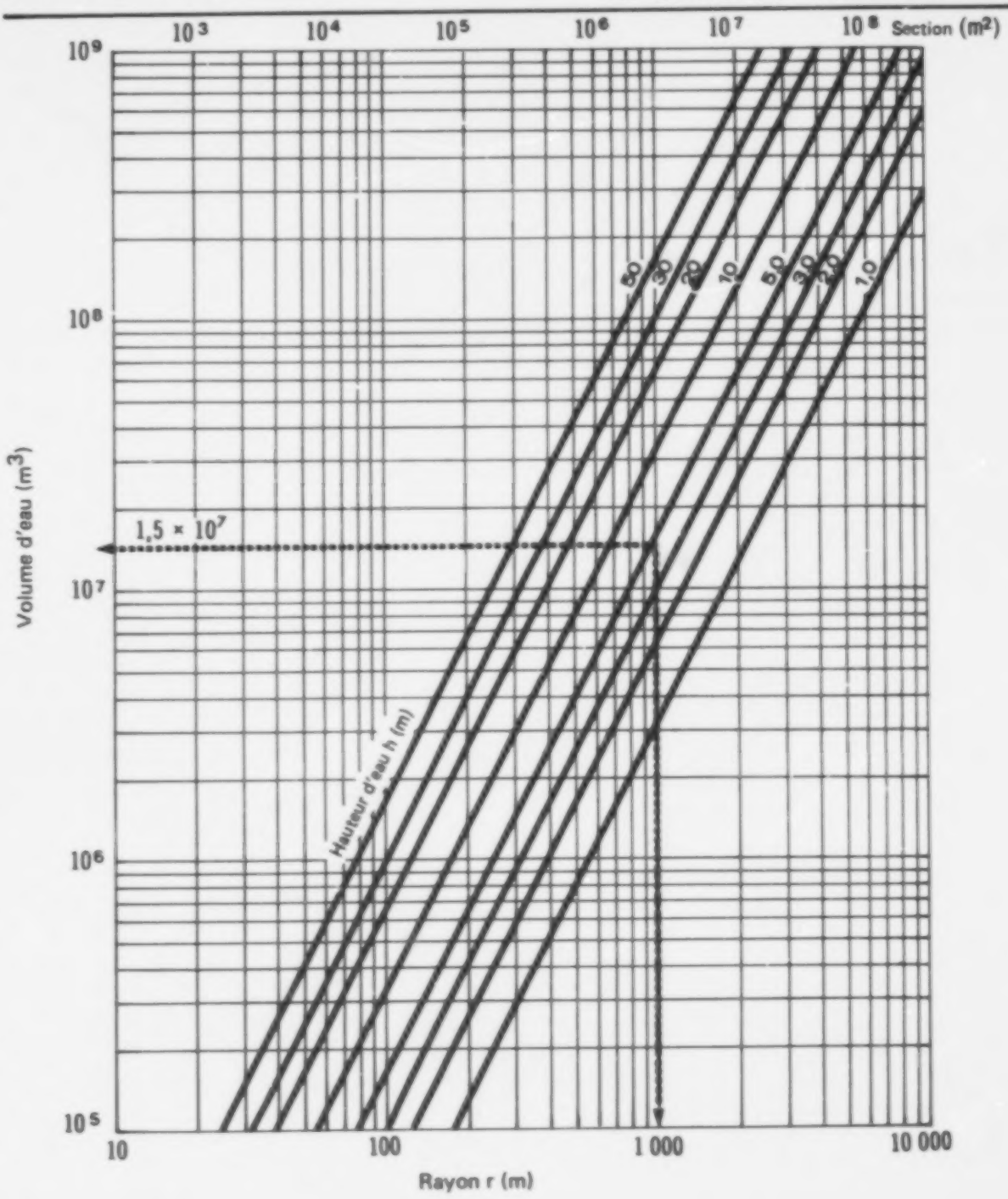
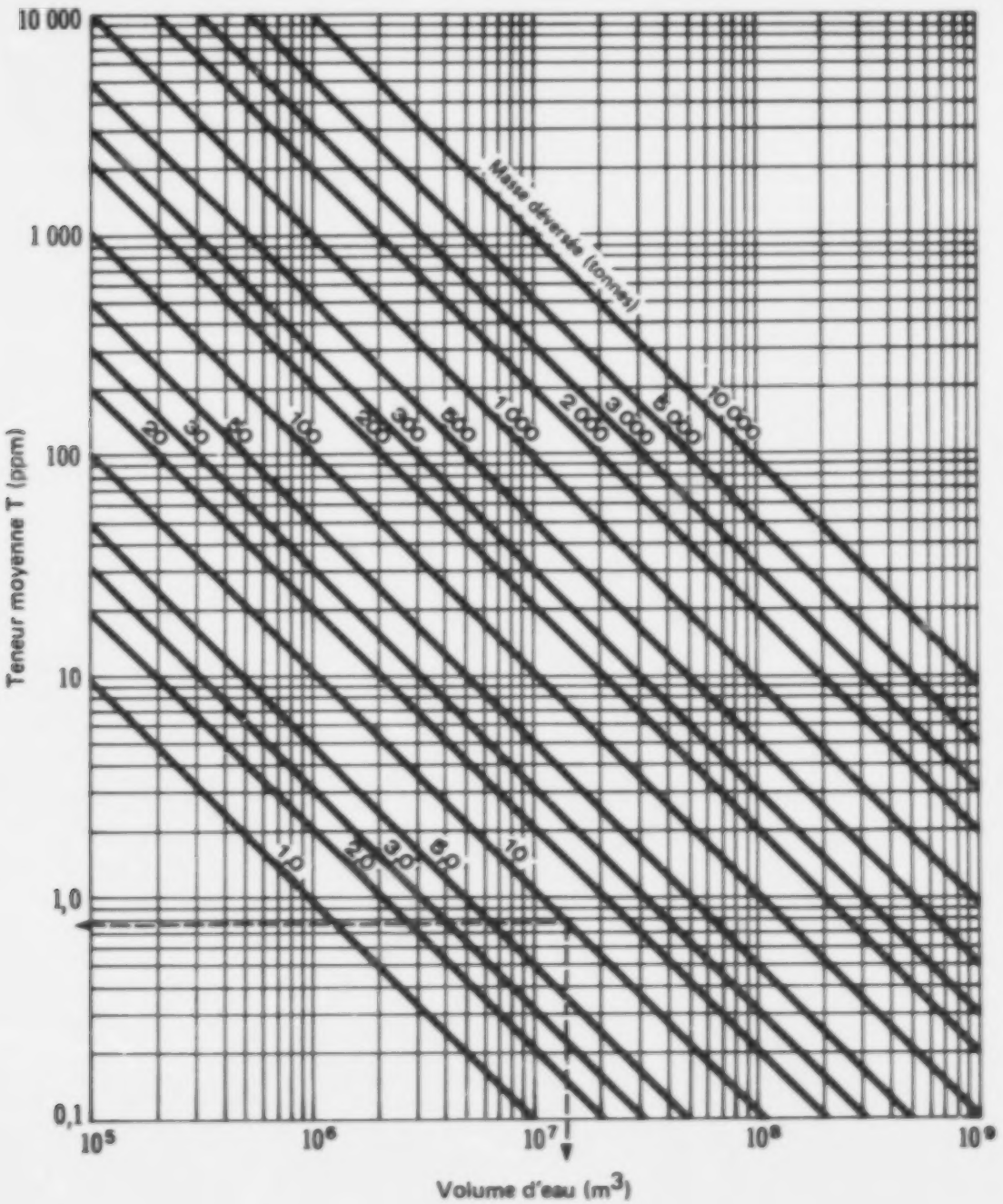


Figure 25

ACIDE SULFURIQUE

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU

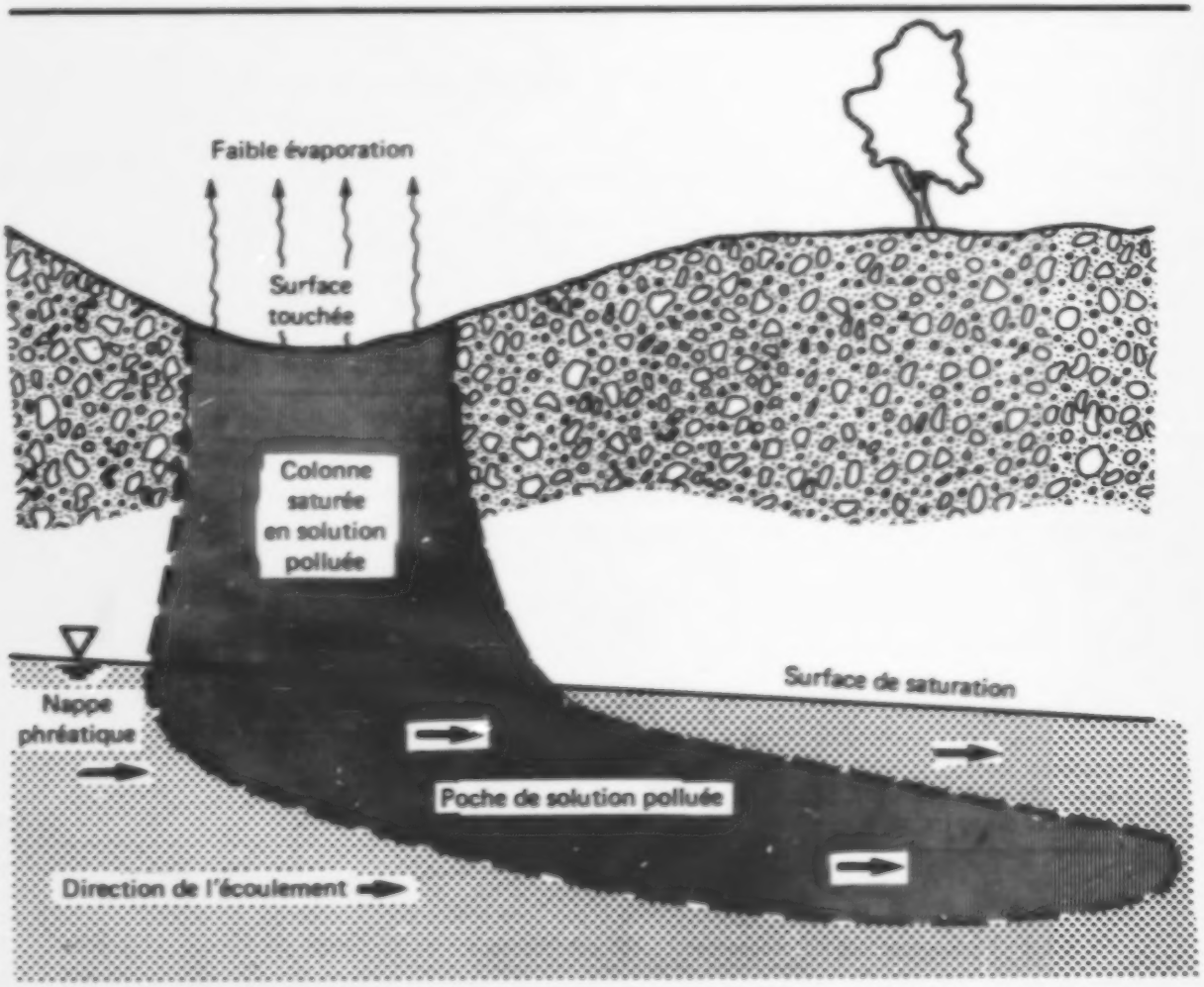


Au cours de sa migration, le produit peut dissoudre certains des matériaux constitutifs du sol, en particulier les matériaux à base de carbonate. Même s'il est alors partiellement neutralisé, il poursuit néanmoins dans une proportion considérable sa migration vers la nappe phréatique. (La présente section ne prend pas en ligne de compte de semblables facteurs de retardement.)

Lorsque le polluant atteint la nappe phréatique, il continue sa migration d'une part dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe, d'autre part vers le bas puisque sa masse volumique est supérieure à celle de l'eau. Il y forme une poche de pollution, au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dispersion contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant. (Voir figure 26.)

Figure 26

ACIDE SULFURIQUE — MIGRATION DANS LE SOUS-SOL



Sol: sable grossier
Porosité = 0,35, Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2, Capacité au champ = 0,075

5.5.2 Migration du polluant dans la zone non saturée. – Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du polluant dans la zone non saturée, jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les vitesses de migration sont établies à partir de la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc.

5.5.3 Migration du polluant dans la zone saturée. – Le coefficient de perméabilité, qui correspond au coefficient K de la loi de Darcy, est un paramètre mesurant la perméabilité d'un milieu continu. K, en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide (Pa·s)
g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

Les deux liquides présents sont l'acide sulfurique et l'eau. Les données relatives à l'eau, dans le tableau ci-dessous, représentent le point extrême de dilution de l'acide sulfurique.

	Acide sulfurique			Eau
	Titre fort	Solution à 60 % en poids		
Propriétés	20 °C	20 °C	4 °C	20 °C
Masse volumique (kg/m^3)	1 830	1 500	1 510	1 000
Viscosité absolue (Pa·s)	$25,4 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-3}$	$8,8 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité (m/s)	$(0,07 \times 10^{7})k$	$(0,23 \times 10^{7})k$	$(0,17 \times 10^{7})k$	$(0,98 \times 10^{7})k$

5.5.4 Types de sol. – Le Manuel d'introduction Enviroguide décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous indique les propriétés qui nous intéressent.

Types de sol

Propriété	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de migration. – Un nomogramme de migration de l'acide sulfurique dans la zone non saturée (au-dessus de la surface de saturation) a été préparé pour chacun des trois types de sol choisis. La profondeur atteinte par le polluant est donnée en fonction du temps de migration. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le

polluant doit être considérée comme maximale pour le temps donné. La figure 27 indique la marche à suivre dans l'utilisation des nomogrammes (fig. 28, 29 et 30). La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la profondeur maximale de migration du polluant dilué à l'extrême au contact de l'eau.

Figure 27

ACIDE SULFURIQUE — **PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES**

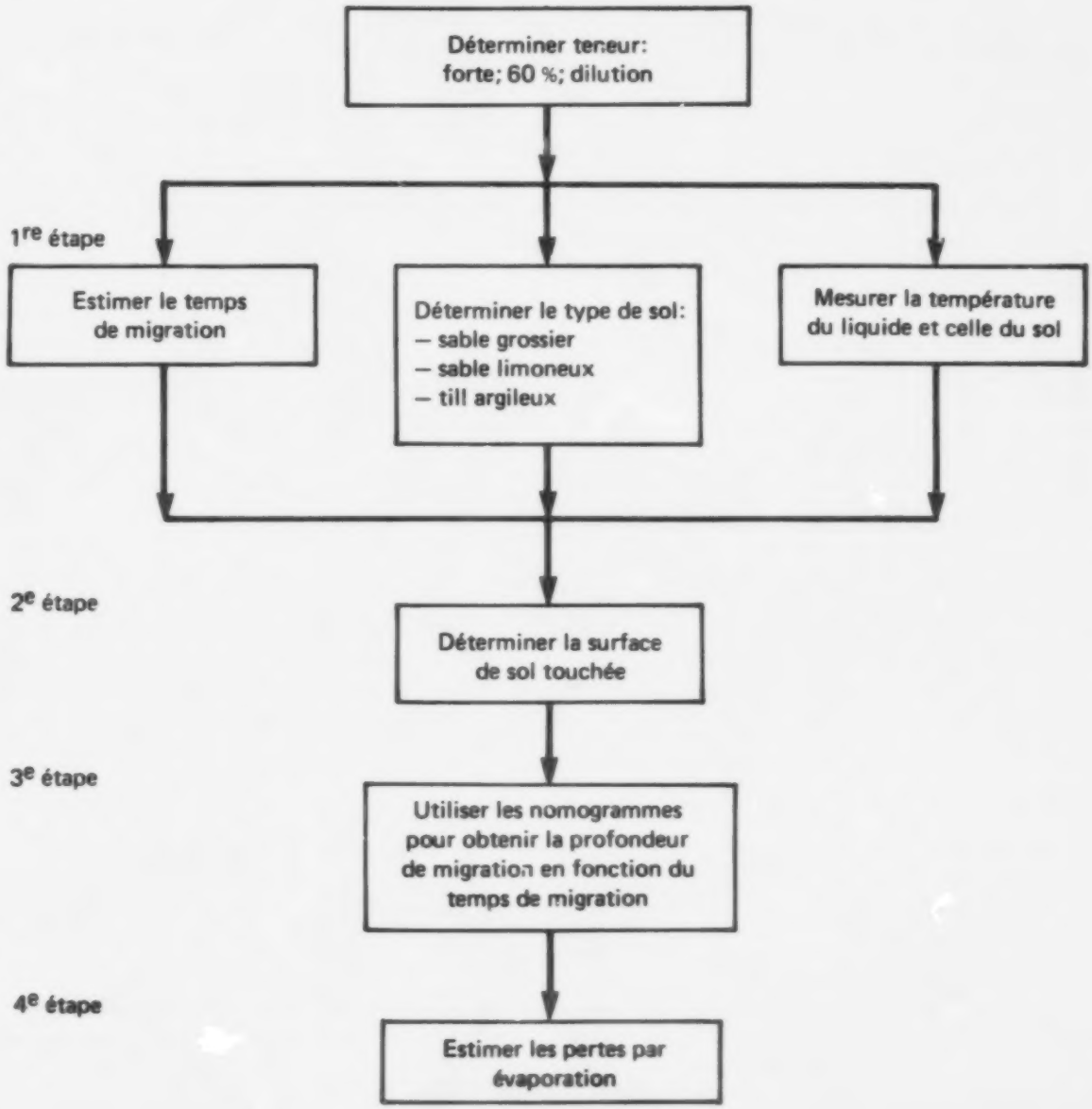


Figure 28

ACIDE SULFURIQUE — MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

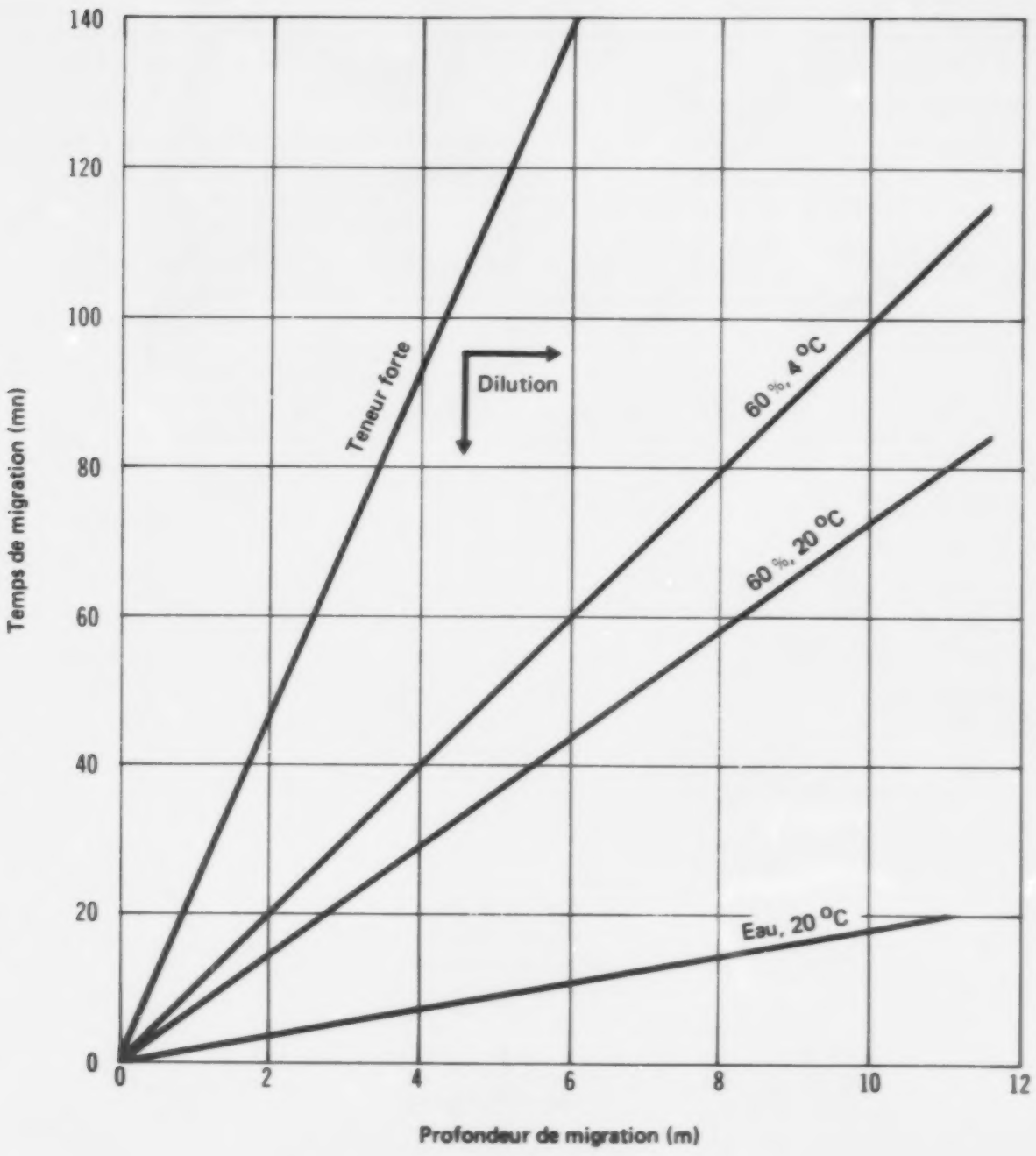


Figure 29

ACIDE SULFURIQUE

MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

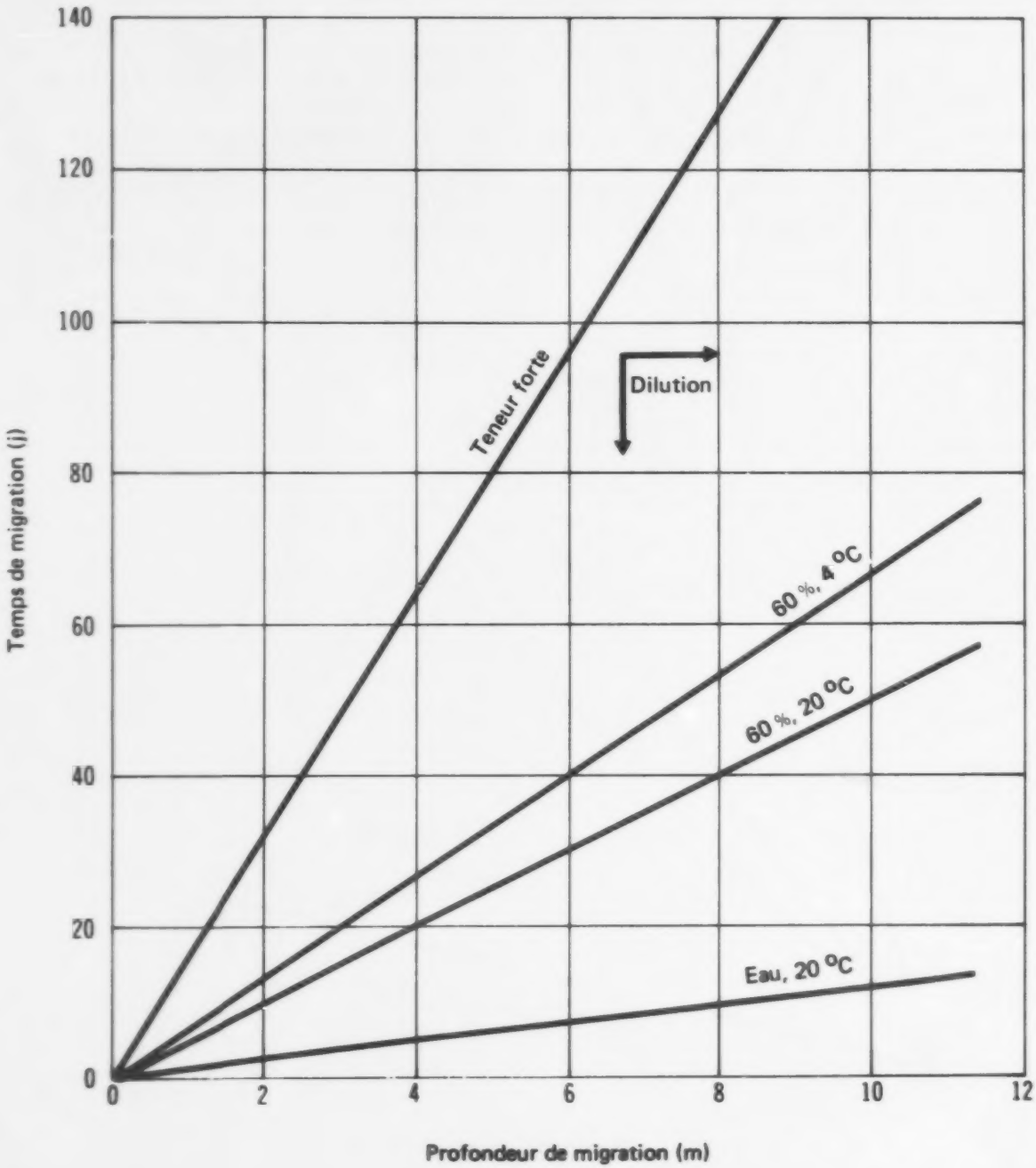
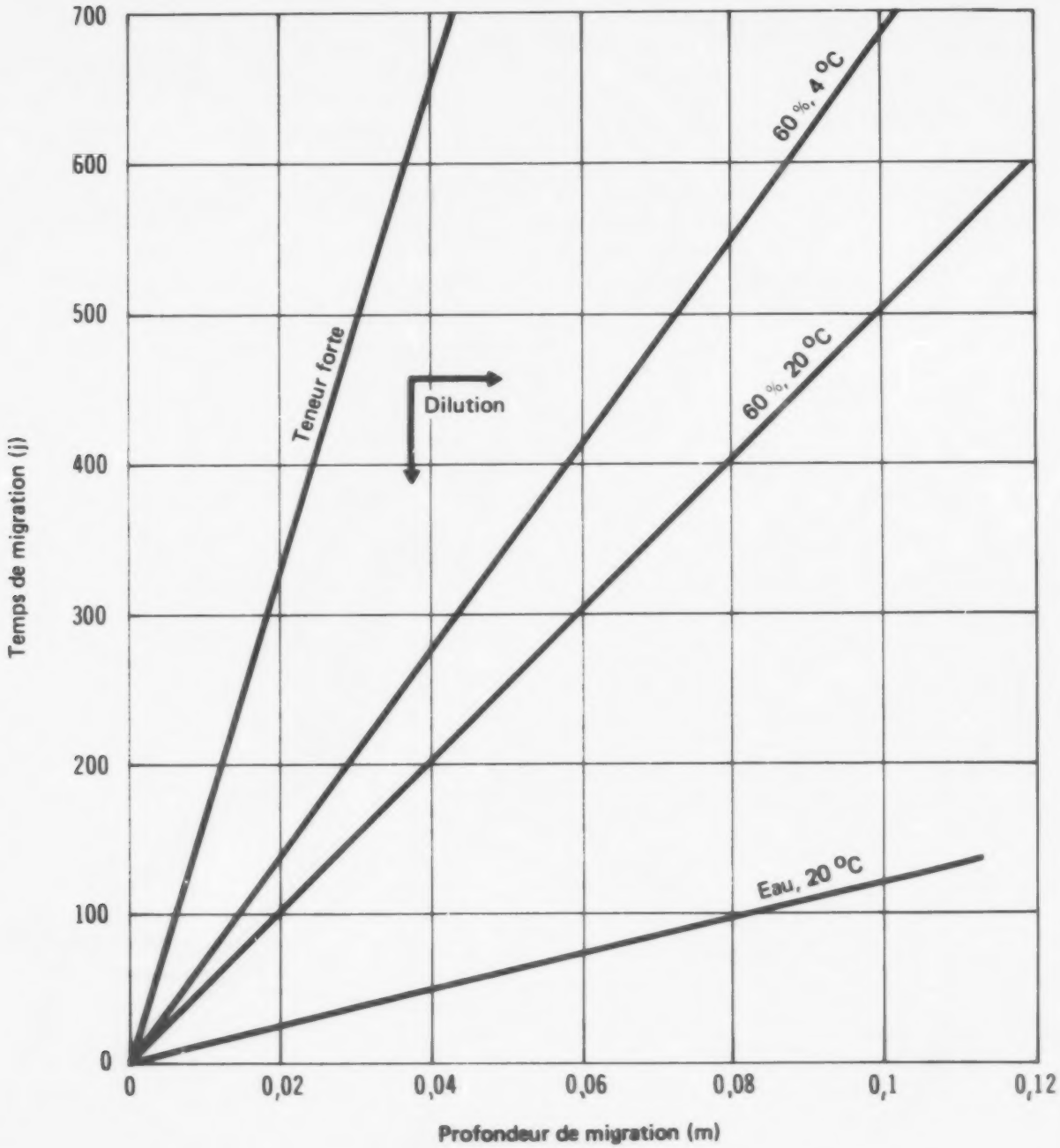


Figure 30

ACIDE SULFURIQUE — MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



5.5.6 Exemple de calcul. – Vingt tonnes d'acide sulfurique à 60 p. 100 ont été déversées sur un sol constitué de sable grossier. Le rayon de la surface polluée est de 8,6 m. La température s'élève à 20 °C. Calculer la profondeur atteinte par le polluant, 40 minutes après le déversement.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse de liquide déversé = 20 000 kg
Température = 20 °C
Type de sol = sable grossier
Profondeur de la surface de saturation = 13 m
Temps écoulé depuis le moment du déversement = 40 mn

Étape 2 Calculer la surface de sol pollué.

Surface = πr^2 = 232 m^2

Étape 3 Évaluer la profondeur atteinte par le polluant après 40 mn.

Dans le cas du sable grossier, après 40 mn, la profondeur est de 5,5 m.

Étape 4 Estimer les pertes par évaporation.

Les paramètres connus permettent d'estimer que les pertes par évaporation, après 40 minutes, sont négligeables.

6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

Il est à noter que les limites maximales admissibles constituent dans certains cas des éléments de règlements, alors que dans d'autres cas elles correspondent seulement à des recommandations.

6.1.1 Qualité de l'eau

6.1.1.1 Situation au Canada. – En ce qui concerne l'acide sulfurique dans l'eau, aucun règlement au Canada ne fixe une teneur maximale; il existe cependant des lignes directrices qui traitent des sulfates et du pH. A l'échelle nationale, la teneur maximale admissible recommandée dans le cas des sulfates est de 500 mg/l, bien qu'une teneur de 150 mg/l soit jugée préférable. Pour l'eau destinée au bétail, une teneur en sulfates de 1 000 mg/l est considérée comme acceptable (RQE, 1979). L'Ontario recommande de ne pas laisser l'alcalinité naturelle baisser de plus de 25 p. 100 et de ne pas laisser le pH descendre au-dessous de 6,5 (Water Management Goals, 1978).

6.1.1.2 Situation ailleurs dans le monde. – Aux États-Unis, la teneur maximale admissible en sulfates, en ce qui concerne l'eau, est de 250 mg/l et l'objectif poursuivi est de 50 mg/l (WQCDB-2, 1971); pour le bétail, on juge acceptable une teneur de 500 mg/l (EPA-440/9-75-009). De son côté, l'OMS a recommandé, dès 1961, une teneur limite de 250 mg/l (WQCDB-2, 1971).

Pour obtenir une excellente protection contre l'acidité, on recommande, aux États-Unis, de ne pas laisser le pH descendre au-dessous de 6,5; la protection minimale admissible requiert un pH de 5,5. La plage de fluctuation des valeurs de pH ne doit pas dépasser 2 unités; par ailleurs, l'alcalinité totale ne doit pas être réduite de plus de 25 p. 100 (WQC, 1972).

6.1.2 Qualité de l'air

6.1.2.1 Situation en Ontario. – En ce qui concerne l'air, l'Ontario E.P.Act de 1971 fixe une norme de qualité de 100 $\mu g/m^3$.

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux U.S.A. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) à l'acide sulfurique et à l'oléum correspond à des teneurs variant entre 10 et 100 mg/l (RTECS, 1979).

6.2.2 Toxicité en eau douce

Données sur la toxicité

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Source
A. – Pour les poissons					
6 - 8	6	Méné	Nocif ou létal	20 °C Distillée	WQC, 1963

110 - 120	6	Méné	Nocif ou létal	20 °C Dure	WQC, 1963
7,36	60	Crapet arlequin	Nocif ou létal	Distillée	WQC, 1963
6,25	24	Truite	Nocif ou létal		WQC, 1963
42	96	Gambusie	TLm	Turbide	WQC, 1963
49	48	Crapet arlequin	TLm	20 °C; Eau du robinet	WQC, 1963
B. – Pour les micro-organismes					
0,1	168	Daphnia magna	Létal	Douce Test «statique»	Ellis, 1967
88	64	Daphnia magna	Létal	Lac Érié	WQC, 1963
C. – Pour les invertébrés					
33,1		Larves de bivalves	Nocif		WQC, 1963

6.2.3 Toxicité en eau salée

Données sur la toxicité

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Source
A. – Test sur des poissons					
100 - 330	48	Flet	Teneur létale 50	Aérée	Portman, 1970
B. – Tests sur des invertébrés					
100	120	Huître	Létal pour 18 %	Aérée	WQC, 1963
80 - 90	48	Crevette	Teneur létale 50		Portman, 1970

6.3 Toxicité pour d'autres espèces vivantes

6.3.1 Toxicité pour le bétail

Données sur la toxicité

Teneur (mg/l)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Source
2 104 - 3 500	Bovin	Affaiblissement et mort	Eau potable -ion sulfate (Minnesota)	WQCDB-2, 1971

6.3.2 Toxicité pour les végétaux

Données sur la toxicité

Teneur	Durée (h)	Espèce	Résultat	Source
A. – Arbres				
10 - 2 norm. pH d'environ 2		Poire	Taches noires sur le fruit	Ebara, 1980

B. – Cultures				
pH entre 1 et 2 (aérosol)	48	Maïs	Dommage	Wedding, 1981
pH de 0,5 (aérosol)		Maïs	Dommage immédiat	Wedding, 1981
10 % d'acide (aérosol)		Soja (âgé de 4 à 6 sem.)	Graves lésions nécrotiques sur les feuilles	Wedding, 1979
18 mol/l (aérosol)	10/j/14 j	Soja (âgé de 4 à 6 sem.)	Aucun dommage visible dû au polluant	Wedding, 1979
100 - 200 mg/m^3	4 à 16	Plantes	Lésions nécrotiques sur les bords et la pointe des feuilles	Lang, 1979

6.3.2.1 **Études sur les végétaux**. – La vulnérabilité des espèces végétales à l'action d'un aérosol d'acide sulfurique varie beaucoup. Par ailleurs, la gravité des dommages subis par les espèces vulnérables semble fonction de facteurs d'ordre biologique aussi bien que d'ordre physiologique (Lang, 1979).

6.4 Autre toxicité dans l'air et sur terre

Les aérosols présents dans l'atmosphère ont des teneurs variables en acides faibles comme en acides forts. Des mesures ont révélé que des aérosols ayant des teneurs en acides forts équivalant à environ 20 μg d'acide sulfurique par m^3 peuvent persister dans l'atmosphère ambiante pendant des périodes de plusieurs heures. D'autre part, il est fréquent de trouver un acide fort présent en faibles teneurs dans des aérosols constitués de très petites micelles.

6.5 Études sur les effets toxiques

La toxicité de l'acide sulfurique tient avant tout au caractère acide de la substance. Un pH de 4 peut provoquer une irritation des branchies; un pH de 3,5 peut signifier la mort d'une môle, d'un achigan ou d'une brème. Étant donné cet effet du pH, une teneur en acide qui serait létale dans le cas d'une eau douce pourrait devenir inoffensive dans le cas d'une eau dure ou d'une eau à fort pouvoir tampon.

En général, un pH supérieur à 4,5 permet aux poissons de survivre; dans l'ensemble, cependant, la vie aquatique requiert un pH d'au moins 5,5. Un pH inférieur à 5 amènera le développement anarchique d'une faune et d'une flore aquatiques adaptées.

Effets de faibles pH

5,5 - 6	La truite mouchetée survit. La truite arc-en-ciel est absente. La vitesse de croissance de la brème est réduite. Le frai diminue. Les mollusques se font rares.
5,0 - 5,5	Aucun effet létal sur les poissons, mais baisse des populations. Il peut y avoir mort d'oeufs, de larves et de certains invertébrés. Des algues et des plantes supérieures apparaissent.
4,5 - 5,0	Seules quelques espèces de poissons survivent. Seul le brochet se reproduit.
3,5 - 4,0	Toute flore ou faune sont très réduites.
3,0 - 3,5	Il est peu vraisemblable qu'un poisson survive plus de quelques heures.

6.6 Dégradation du polluant

Dans le milieu naturel, l'acide sulfurique ne subit pas de transformations chimiques ou biologiques susceptibles de le dégrader; avec le temps, toutefois, il est neutralisé et/ou converti.

6.7 Devenir et effets à long terme

L'acide sulfurique finira par réagir avec le calcium et le magnésium présents dans l'eau, entraînant la formation de sels de sulfate. Jusqu'à ce jour, aucune bioconcentration ni aucune bio-amplification n'ont été signalées.

6.8 Effets sur le sol

6.8.1 Dégradation des matériaux du sol

Teneur	Durée	Type de sol	Effets	Source
25 à 50 kg/ha/an	Intervalles de 2 semaines	Sol de forêts de conifères	Peu ou pas d'effet sur l'échange cationique ou la nitrification; accroissement de 15 % de la décomposition des aiguilles récentes	Roberts 1980

6.8.2 Chimie du sol. – L'acide sulfurique accroît le lessivage du calcium contenu dans le sol et les roches, ce qui entraîne une augmentation de la teneur en ions calcium des eaux dont le pH est supérieur à 6, ainsi que des eaux dont le pH est inférieur à 5 (NRCC, 1977).

6.9 Autres effets

6.9.1 Effet possible sur un procédé d'épuration des eaux. – L'acide sulfurique interfère dans certains processus biologiques normaux. On a rapporté qu'une teneur de 58 mg/l a diminué de 50 p. 100 l'action d'organismes de dégradation des eaux usées (DPIMR, 1981).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Peu de documents traitant de la toxicité de l'acide sulfurique rapportent les conséquences en cas d'ingestion, d'exposition et de contact avec la peau. Les effets immédiats et manifestes observés dans ces cas en sont probablement la raison. Il existe en revanche de nombreux rapports sur les effets, chez l'homme et l'animal, de l'inhalation d'un aérosol d'acide sulfurique et d'acide sulfurique fumant (SO_3) ou oléum. Quelques travaux seulement font mention du pouvoir mutagène de l'acide sulfurique et de ses effets sur la reproduction chez des individus exposés, mais aucun ne fait référence à son pouvoir cancérogène. Les essais en vue de déterminer si l'acide sulfurique a un pouvoir tératogène ont donné pour la plupart des résultats négatifs. Il demeure que l'on continue à s'intéresser à la toxicité de l'acide sulfurique. Le répertoire TOX TIPS (résumé des recherches en cours) rapporte 14 études depuis 1976 qui, à une exception près, ont trait à la toxicité en cas d'inhalation.

L'acide sulfurique est au nombre des substances figurant dans l'inventaire 1980 de l'EPA (RTECS, 1981 – en ligne), conformément à la Loi sur le contrôle des substances toxiques. Les travaux publiés sur l'acide sulfurique ont fait l'objet d'un examen récent et les données présentées rendent compte de l'information déjà publiée.

Les données toxicologiques sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement dans les cas de déversements. Lorsque jugé nécessaire, l'interprétation des données relatives à l'homme est étayée par les données sur l'exposition de courte durée recueillies pour des espèces mammifères animales.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Les normes d'exposition à l'acide sulfurique sont établies en fonction de ses propriétés irritantes. Les directives des provinces, au Canada, sont généralement semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH aux États-Unis.

Directive (temps)	Origine	Teneur recommandée	Référence
	Teneur pondérée en fonction du temps		
TLV ® (8 h)	ACGIH	1,0 mg/m^3	TLV, 1981
PEL (10 h)	NIOSH	1,0 mg/m^3	Guide NIOSH, 1978
–	URSS	1,0 mg/m^3	NIOSH, 1981
–	Roumanie	0,5 mg/m^3	NIOSH, 1981
	Teneur admissible pour des expositions de courte durée		
Teneur maximale (5 mn)	–	10 mg/m^3	CHRIS, 1978
d'inhalation (STIL) (10 mn)	–	5 mg/m^3	CHRIS, 1978
(15 mn)	Saskatchewan	3 mg/m^3	Sask., 1981
(30 mn)	–	2 mg/m^3	CHRIS, 1978
Teneur plafond	Roumanie	1,5 mg/m^3	NIOSH, 1981
Teneur maximale (60 mn) d'inhalation (STIL)	–	1 mg/m^3	CHRIS, 1978

Autres aspects de la toxicité pour l'homme

IDLH	États-Unis	80 mg/m^3	Guide NIOSH, 1978
Teneur toxique minimale (24 semaines)		3 mg/m^3	RTECS, 1981
Teneur toxique minimale		800 µg/m^3	AAR, 1981
Teneur toxique minimale (15 mn)		5 mg/m^3	AAR, 1981
Teneur toxique minimale		800 µg/m^3	ITII, 1981
Dose toxique minimale		135 mg/kg	RTECS, 1981

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
Acide sulfurique de titre fort	Destruction rapide des tissus, brûlures très graves, nécrose	DPIMR, 1981
Aucune mention	Marques de cicatrices avec défigurement	Goldman et coll., 1953. Dans NIOSH, 1974
Acide à 77–98 %	Brûlures du deuxième et du troisième degrés	CHRIS, 1978
Solutions diluées	Possibilité de dermite en cas de contact répété	Sax, 1979

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
Acide de titre fort	Lésions extrêmement graves, entraînant souvent la cécité	Guide NIOSH, 1978
Aucune mention	Lésions de la cornée irréversibles, entraînant la cécité	Fasullo, 1965. Dans NIOSH, 1974
Aérosol	Irritation	Amdur et coll., 1953. Dans NIOSH, 1974
Vapeurs d'acide chaud (77–98 %)	Irritation d'intensité moyenne	CHRIS, 1978
• CHEZ LE LAPIN		
1,380 µg	Forte irritation	RTECS, 1978

7.3 Seuil de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 **Odeur.** – L'acide sulfurique est inodore, à moins qu'il ne soit chauffé. Il a alors une odeur suffocante (AAR, 1981). Nombre du seuil de perception: 5.368 à 146 °C (AAR, 1981).

Paramètre	Milieu	Teneur	Référence
Perception à 100 %	–	3 mg/m^3	Lippmann, 1980
Seuil olfactif	air	> 1 mg/m^3	CHRIS, 1978
Teneur de détection la plus faible	air	> 1 mg/m^3	AAR, 1981
Seuil moyen d'identification	air	0,6 mg/m^3	AAR, 1981
Limite subjective de perception	–	0,5 à 0,7 mg/m^3	NIOSH, 1974

7.3.2 **Goût.** – L'acide sulfurique a une saveur amère.

Paramètre	Milieu	Teneur	Référence
Seuil de perception	eau	0,0013 g/100 ml	ASTM, 1980
Seuil de perception	eau	0,001 normale	ASTM, 1980

7.4 Études à long terme

7.4.1 **Inhalation.** – Les données concernent l'aérosol d'acide sulfurique, sauf indication contraire.

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
	A. Exposition de brève durée	
• CHEZ L'HOMME		
800 µg/m^3	TT min.	AAR, 1981
3 à 39 mg/m^3 (10 mn à 1 h) DMM des particules: 1 micromètre	La résistance pulmonaire a augmenté d'au moins 20 p. 100 chez la plupart des sujets et chez certains, elle était de 150 p. 100 supérieure aux valeurs de référence. Toux passagère et bronchoconstriction	Lippmann, 1980
3 à 39 mg/m^3 d'aérosol d'acide 10 N DMM des particules: 1 micromètre; 11,5 à 38 mg/m^3 d'aérosol d'acide 4 N, DMM des particules: 1,5 micromètre (jusqu'à 60 mn)	Effet irritant plus prononcé avec 20,8 mg/m^3 d'aérosol d'acide très humide et moins finement divisé qu'avec 39,4 mg/m^3 d'aérosol d'acide moins humide et plus finement divisé. Augmentation des	Sim et Pattle, 1957. Dans NIOSH, 1974

	résistances bronchiques plus marquée chez le groupe exposé à l'aérosol très humide	
12 mg/m^3 et 0,6 mg/m^3	La présence de gaz ammoniac (en teneurs importantes) dans les voies respiratoires protégerait contre les vapeurs et aérosols d'acide sulfurique à de faibles teneurs	Larson et coll., 1977. Dans NIOSH, 1981
8,3 à 3,12 mg/m^3 (sous forme de SO_2)	L'auteur rapporte des saignements de nez	Dorsch, 1913. Dans NIOSH, 1974
6,0 à 2,4 mg/m^3	Irritation douloureuse des muqueuses. Toux réflexe. Irritation des yeux	Bushtueva, 1957. Dans NIOSH, 1974
5 mg/m^3 (15 mn)	TT min. Effets toxiques sur les poumons	ITII, 1981
5 mg/m^3 (15 mn)	TT min.	AAR, 1981
5 mg/m^3 (5 à 15 mn)	Gêne respiratoire déclenchant la toux	Doc. TLV, 1981
5 mg/m^3	Augmentation de la fréquence respiratoire, diminution de la capacité vitale	NIOSH/OSHA, 1981
5 à 0,4 mg/m^3 (5 à 15 mn); particules de 1 micromètre	Augmentation de la fréquence respiratoire, diminution du volume courant. Ces modifications sont apparues dans les 2 mn	Admur et coll. Dans Lippmann, 1980
5 à 0,4 mg/m^3 (5 à 15 mn); particules de 1 micromètre	Rétention de 77 p. 100 en moyenne de l'acide sulfurique dans les voies respiratoires à des teneurs s'échelonnant entre 0,4 et 1,0 mg/m^3	Admur et coll., 1952. Dans NIOSH, 1974
2,4 à 1,1 mg/m^3	Irritation dans la partie inférieure de l'oesophage. Quelques sujets ont signalé une irration des yeux	Bushtueva, 1957. Dans NIOSH, 1974
2,0 à 1,8 mg/m^3	Accélération de la fréquence respiratoire	Bushtueva, 1957. Dans NIOSH, 1974
> 1000 µg/m^3	Légère bronchoconstriction réversible	Liekauf, 1981
1000 µg/m^3 (16 mn)	Légères modifications de la conductance spécifique, statistiquement significative cependant	Liekauf, 1981
1 mg/m^3 (1 h)	Administré par masque nasal, la demi-vie moyenne d'élimination dans les bronches a augmenté de 48 p. 100	Lippmann, 1980
1 mg/m^3 DMM des particules: 0,5 micromètre	Accélération du temps de clearance mucociliaire en réaction probablement à l'irritation	Newhouse et coll., 1978. Dans NIOSH, 1981

1000 µg à 10 µg/m^3 (10 mn)	Aucune modification notable des volumes pulmonaires, de la distribution de la ventilation, de l'oxymétrie auriculaire, de la mécanique dynamique de la respiration, de la mécanique oscillatoire thoraco-pulmonaire, du débit sanguin capillaire pulmonaire, de la capacité de diffusion pulmonaire, de la consommation d'oxygène, du volume du tissu pulmonaire	Sackner et coll., 1978. Dans NIOSH, 1981
980 µg/m^3 (1 h)	Ralentissement notable de la clearance mucociliaire trachéo-bronchique	Liekauf, 1981
0,85 à 0,6 mg/m^3	Chatouillement dans la gorge	Bushtueva, 1957. Dans NIOSH, 1974
800 µg/m^3	TT min., réactions buccales	ITII, 1981
0,73 mg/m^3	Augmentation de 19 p. 100 de la chronaxie optique	Bushtueva, 1961. Dans NIOSH, 1974
0,7 mg/m^3	Sensibilité à la lumière augmentée de 24 p. 100 (3 sujets)	Bushtueva, 1961. Dans NIOSH, 1974
0,7 mg et 0,3 mg/m^3	L'aérosol d'acide sulfurique et le dioxyde de soufre à des teneurs de 0,65 et 0,3 mg/m^3 n'ont eu aucun effet synergique sur la sensibilité à la lumière (3 femmes)	Bushtueva, 1961. Dans NIOSH, 1974
0,5, 0,4, 0,35 mg/m^3 (5 à 15 mn); DMM des particules: 1,0 micromètre	Accélération du rythme respiratoire	Amdur et coll., 1952. Dans NIOSH, 1974
110 µg/m^3 (1 h)	Accélération significative de la clearance mucociliaire. La demi-vie moyenne de clearance trachéo-bronchique (TB 1/2) pour le groupe s'est abaissée de 80 à 50 mn.	Liekauf, 1981
0,1 mg/m^3 (1 h)	Administré au moyen d'un masque nasal, la demi-vie moyenne de clearance bronchique a diminué de 38 p. 100	Lippmann, 1980
100 µg/m^3 (2 h, 2 ou 3 j consécutifs); DMM des particules: 0,5 ou 0,59 micromètre	Aucune modification significative de la fonction pulmonaire, y compris capacité vitale forcée, volume expiratoire maximal seconde, débit expiratoire 50 et débit expiratoire 25, capacité pulmonaire totale, volume résiduel ou résistances bronchiques	Avol et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981

100 $\mu g/m^3$ (4 h); DMM des particules: 0,5 micromètre	Aucun déficit notable entre le groupe témoin et le groupe exposé à l'aérosol d'acide sulfurique, en ce qui concerne le glutathion, le taux du lysozyme sérique, le glutathion réductase, la SGOT, la vitamine E sérique et le 2,3-diphosphoglycérate	Chaney et coll., 1980. Dans NIOSH, 1981
10 à 20 ppm	Intolérable	DPIMR, 1981
1,5 à 2,5 ppm	Indiscutablement déplaisant	DPIMR, 1981
0,125 à 0,5 ppm	Légèrement incommodant	DPIMR, 1981
• CHEZ L'ÂNE 1000 à 200 $\mu g/m^3$ (1 h) brouillard – particules de 0,5 micromètre	Ralentissement momentané de la clearance mucociliaire bronchique chez 3 animaux sur 4. Deux animaux sur quatre ont montré après 6 expositions environ un ralentissement plus soutenu de la clearance	Lippmann, 1980
• CHEZ LE COBAYE 200 mg/m^3 (1 h); 109 mg/m^3 (8 h); DAMM des particules: 0,4 micromètre; 60 à 20 mg/m^3 (8 h)	TL 50 TL 50, forte distension des poumons TL 50. Mort par laryngospasme et bronchoconstriction. Les particules de 2,7 micromètres sont plus toxiques que celles de 0,8 micromètre.	RMLTHH, 1972 Wolff et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981 Doc. TLV, 1981
50 mg/m^3 (8 h): particules de 1 micromètre	TL 50 (cobayes adultes)	NIOSH/OSHA, 1981
40 à 2 mg/m^3; DMM des particules: 0,8, 2,5, et 7 micromètres	À 30 mg/m^3, les plus grosses particules (7 micromètres) n'ont provoqué qu'une légère augmentation des résistances bronchiques. On a constaté une augmentation appréciable de celles-ci avec des particules de 0,8 micromètre à raison de 1,9 mg/m^3. La plus forte augmentation des résistances bronchiques a été observée avec les particules de 2,5 micromètres à la teneur de 40 mg/m^3. Les grosses particules feraient gonfler les muqueuses, et provoqueraient de l'exsudation; les particules plus petites ne produisent qu'une simple bronchoconstriction réflexe	Amdur, 1958. Dans NIOSH, 1974

30 mg/m^3 (8 h) DAMM des particules: 0,8 micromètre	TL 50. Hémorragie et transsudation	Wolff et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981
30 mg/m^3 (1 h) particules de 7 micromètres	50 p. 100 d'augmentation de la résistance du débit pulmonaire. Les particules de ce calibre ne pénètrent que dans les voies respiratoires supérieures et les fosses nasales	Doc. TLV, 1981
18 mg/m^3	TL 50	RTECS, 1979
18 mg/m^3 (8 h)	TL 50 (jeunes cobayes)	NIOSH/OSHA, 1981
8 mg/m^3 (8 h, 72 h), particules de 1 micromètre	Quelques anomalies au niveau pulmonaire lors d'une exposition de 8 h, aggravées lorsque le temps d'exposition était de 72 h	Doc. TLV, 1981
6 mg/m^3 (1 h) particules de 2,5 micromètres	Augmentation de 50 p. 100 de la résistance du débit pulmonaire	Doc. TLV, 1981
3 mg/m^3 (1 h) DMD des particules: 1,8 micromètre 0,32 mg/m^3 (1 h), DMD des particules 0,6 micromètre 0,03 mg/m^3 (1 h), DMD des particules 0,25 micromètre	Chez les animaux exposés à 3 mg/m^3 d'acide sulfurique et aux streptocoques, le taux d'accumulation des bactéries était 60 p. 100 supérieur. Les auteurs ont conclu que l'exposition à l'acide sulfurique peut avoir des conséquences pathophysiologiques et entrainer également des changements physiologiques dans les voies respiratoires.	Fairchild et coll., 1975. Dans NIOSH, 1981
2 mg/m^3 (5 j)	Oedème pulmonaire, épaississement des parois alvéolaires	Bushtueva, 1957. Dans NIOSH, 1974
1 ou 0,51 ou 0,1 mg/m^3 (1 h), DMM des particules: 0,3 micromètre, 0,69 ou 0,4 ou 0,11 mg/m^3 (1 h), DMM des particules: 1 micromètre	Augmentation de la résistance du débit pulmonaire en relation avec la teneur. La résistance du débit pulmonaire n'est pas revenue à des valeurs normales dans les 30 mn qui ont suivi l'exposition, sauf pour la teneur de 0,11 mg/m^3	Amdur et coll., 1978. Dans NIOSH, 1981
0,7 mg/m^3 (1 h) particules de 1 micromètre	Résistance du débit pulmonaire augmentée de 50 p. 100	Doc. TLV, 1981
0,3 mg/m^3 (1 h) particules de 0,3 micromètre	Résistance du débit pulmonaire augmentée de 50 p. 100	Doc. TLV, 1981
48 ppm (1 h)	TL min.	RTECS, 1979
• CHEZ LA SOURIS 549 mg/m^3 (35 h)	TL min.	Treon et coll., 1950. Dans NIOSH, 1974
500 mg/m^3 (8 h)	TL 50	AAR, 1981
165 mg/m^3	TL min.	AAR, 1981
140 ppm (3,5 h)	TL min.	RTECS, 1979

• CHEZ LE RAT		
347 ppm (1 h)	TL 50	RTECS, 1979
178 ppm (7 h)	TL min.	RTECS, 1979
699 mg/m^3	TL min.	Treon et coll., 1950. Dans NIOSH, 1974
500 mg/m^3	TL min.	AAR, 1981
• CHEZ LE HAMSTER		
1,1 mg/m^3, 1,5 mg/m^3 particules de noir de carbone ou particules de noir de carbone sur lesquelles de l'acide sulfurique a été concentré	L'examen de tissus prélevés dans la trachée révèle que la cytotoxicité est supérieure avec le mélange synergique de particules de noir de carbone et d'acide qu'avec les particules de noir de carbone seul	Schiff et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981
1 mg/m^3 (2 h) DMV des particules: 0,24 à 0,3 micromètre	Altération de la fonction ciliaire trachéale en présence d'acide sulfurique seul	Grose et coll., 1980. Dans NIOSH, 1981
196 mcg d'ozone par m^3 (3 h)	Lors d'exposition successive à de l'ozone puis à de l'acide sulfurique, la fréquence des battements ciliaires était nettement moins ralentie que lors de l'exposition à de l'acide sulfurique seul	Grose et coll., 1980. Dans NIOSH, 1981

B. Exposition de longue durée

• CHEZ L'HOMME		
35 à 12,6 mg/m^3	Diminution du volume expiratoire maximal seconde. pH de la salive légèrement plus élevé chez le groupe exposé. Dyschromie dentaire et érosion des dents chez 40 p. 100 des ouvriers	El-Sadik, 1972. Dans NIOSH, 1974
16 à 3 mg/m^3	Grave érosion des dents	Doc. TLV, 1981
3 mg/m^3 (24 semaines)	TT min., réactions buccales	RTECS, 1979
2,5 à 0,8 mg/m^3	Érosion des dents, moins grave cependant qu'à des teneurs plus élevées	Doc. TLV, 1981
• CHEZ LE SINGE		
4,79 mg/m^3 (2 ans)	Lésions histopathologiques modérées à graves	Doc. TLV, 1981
> 2,5 mg/m^3	Altération de la fonction pulmonaire	Alarie et coll., 1971. Dans NIOSH, 1981
2,43 mg/m^3 (2 ans); particules de 3,6 micromètres	L'examen histopathologique a révélé des changements modérés; modification modérée de la distribution de la ventilation, et légère diminution d'O_2 dans le sang artériel	Doc. TLV, 1981

0,48 mg/m^3 (2 ans)	Légère différence de la distribution de la ventilation	Doc. TLV, 1981
0,38 mg/m^3 (2 ans), particules de 2,15 micromètres	Légers changements histopathologiques	Doc TLV, 1981
0,1 à 1 mg/m^3	Légers changements histopathologiques dans les tissus pulmonaires	Alarie et coll., 1975. Dans NIOSH, 1981
• CHEZ LE COBAYE		
25 mg/m^3 (2 j, 6 h/j); DMM des particules: 1 micromètre	Affaissement alvéolaire et épanchement pleural. Oedème, hémorragie. Macrophages alvéolaires. Oedème interstitiel et présence de vésicules dans l'endothélium capillaire	Cockrell et coll., 1978. Dans NIOSH, 1981
10 mg/m^3 et/ou 0,5 ppm d'ozone (6 h/j, 5 j/semaine, pendant 2 mois)	Prolifération minime des macrophages alvéolaires, légères modifications de la trachée. L'exposition simultanée à l'acide sulfurique et à l'ozone ne semble pas avoir eu d'effet synergique	Cockrell et coll., 1978. Dans NIOSH, 1981
5 mg/m^3 (16 h/j), 7 j/semaine pendant 45 ou 90 j)	Augmentation de la capacité pulmonaire totale après 90 j d'exposition. Rapport CPT/CRF (capacité résiduelle fonctionnelle) plus faible à 45 j	Pepelko et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981
4 à 1 mg/m^3 (18 à 140 j); particules de 0,6, 0,9 et 4 micromètres	Réactions plus marquées et plus nombreuses avec les particules de 0,9 micromètre y compris un léger oedème pulmonaire et des hémorragies capillaires (rares cependant)	Thomas et coll. Dans NIOSH, 1974
4 mg/m^3 (jusqu'à 140 j, 24 h/j)	Pathologie pulmonaire	Doc. TLV, 1981
2 mg/m^3 (2 à 3 mois)	Légère inflammation des muqueuses trachéo-bronchiques avec prolifération d'infiltrats lymphoïdes ronds	Bushtueva, 1957. Dans NIOSH, 1974
0,10 mg/m^3 (jusqu'à 52 semaines, 23 h/j); DMM des particules: 2,8 micromètres	Taux de croissance et de survie normaux, tests de la fonction pulmonaire normaux. Aucune relation entre les modifications observées dans les poumons, la trachée, les ganglions lymphatiques péribronchiques, le coeur, le foie ou les reins, et la teneur à laquelle les sujets étaient exposés.	Best et coll., 1966. Dans NIOSH, 1981
0,08 mg/m^3 (jusqu'à 52 semaines, 23 h/j); DMM des particules: 0,8 micromètre		

• CHEZ LE RAT		
1,1 mg/m^3 et 0,5 ppm d'ozone (3 j, 14 j)	Sécrétion accrue de glycoprotéines dans la trachée. L'homogénat des sécrétions pulmonaires révèle une augmentation en DNA et RNA	Last et Cross, 1978. Dans NIOSH, 1981
• CHEZ LA SOURIS		
20 ou 5 mg/m^3 (7 h/j durant la plus grande partie de l'organogenèse)	Aucun effet tératogène observé	Murray et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981
Particules de noir de carbone sur lesquelles on a fait condenser des vapeurs d'acide sulfurique (1,4 ± 0,4 mg d'H_2SO_4/m^3 sur des particules de noir de carbone. 1,5 ± 0,4 mg de carbone/m^3)	Des altérations du système de défense donnent à penser qu'une exposition prolongée à de faibles teneurs d'acide sulfurique et particules de noir de carbone réunis amoindrit la faculté des souris de résister au stress qui découle d'une infection respiratoire	Fenters et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981

7.4.2 **Ingestion.** – (Les données qui suivent se rapportent à des solutions d'acide sulfurique)

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
Ingestion accidentelle d'une solution à 50 % d'eau/V	Lésions à partir des lèvres jusqu'au colon, particulièrement graves dans le pylore et l'antre pylorique. Stomatite grave. Rétrécissement de l'oesophage, de la jonction oesophago-gastrique et de l'antre gastrique. Nécrose de coagulation dans: estomac, duodenum, jéjunum, iléon. Pancréatite. Adiponécrose de l'épiploon	Jelenko et coll., 1974. Dans NIOSH, 1981
• CHEZ LE RAT		
2140 mg/kg	DL 50	RTECS, 1979

7.4.3 **Tératogénicité**

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ LE LAPIN		
5 ou 20 mg/m^3 (7 h/j, durant la majeure partie de l'organogenèse)	Aucun effet tératogène	Murray et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981

• CHEZ LA SOURIS 5 ou 20 mg/m^3 (7 h/j, durant la majeure partie de l'organogenèse)	Aucun effet tératogène	Murray et coll., 1979. Dans NIOSH, 1981
• OEUFS DE POULE 6,5 mg/m^3 (14 j); DMM des particules: 0,2 à 0,3 micromètre	Le poids embryonnaire était significativement réduit ($P < 0,05$). Aucune réduction notable du taux de survie, du rapport poids de l'organe/poids corporel pour le coeur, le foie et la rate. La lactico-déshydrogénase sérique des embryons ayant survécu était considérablement réduite. Valeurs de l'hématocrite normales.	Hoffman et Campbell, 1977. Dans NIOSH, 1981

7.5 Symptômes d'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des documents consultés. Seuls les symptômes ou troubles de nature particulière ou inhabituelle sont suivis de la référence appropriée.

7.5.1 Inhalation

1. Toux, éternuements, chatouillement dans le nez et la gorge
2. Rhinorrhée (USDHEW, 1977)
3. Accélération réflexe de la fréquence respiratoire, diminution de l'amplitude respiratoire (NIOSH, 1974)
4. Larmoiement (USDHEW, 1977)
5. Conjonctivite (USDHEW, 1977)
6. Modification de la fonction mucociliaire (Newhouse et coll., dans NIOSH, 1981)
7. Épistaxis (USDHEW, 1977)
8. Diverses lésions cutanées (Doc. TLV, 1981)
9. Bouche douloureuse (NIOSH/OSHA, 1981)
10. Érosion légère à grave de l'émail et de la dentine (USDHEW, 1977)
11. Les dents peuvent être sensibles aux écarts de température (NIOSH, 1974)
12. Dyschromie dentaire (Proctor, 1978)
13. Inflammation des voies respiratoires supérieures (Sax, 1979)
14. Fréquentes infections respiratoires (USDHEW, 1977)
15. Trachéo-bronchite (Doc. TLV, 1981)
16. Bronchectasie (dilatation des bronches) résiduelle (NIOSH, 1974)
17. Bronchite chronique (Sax, 1979)
18. Fibrose pulmonaire (NIOSH, 1974)
19. Emphysème (USDHEW, 1977)
20. Pneumonie chimique
21. Une seule exposition trop prolongée peut provoquer de l'oedème pulmonaire, et un oedème de la trachée et de l'arbre trachéo-bronchique (USDHEW, 1977)

22. Il arrive que les personnes exposées s'adaptent aux effets subjectifs de l'inhalation
23. Une sensibilisation peut se produire chez des personnes exposées à l'acide sulfurique (NIOSH, 1974)

7.5.2 Ingestion

1. Taches brunâtres sur les dents (AAR, 1981)
2. Brûlures des muqueuses, brûlures autour de la bouche
3. Déglutition impossible
4. Douleurs abdominales (ITII, 1981)
5. Stomatite (Doc. TLV, 1981)
6. Troubles gastro-intestinaux (USDHEW, 1977)
7. Insuffisance respiratoire aiguë (consécutive à l'oedème de l'épiglotte) (Sax, 1979)
8. Vomissement de sang (ITII, 1981)
9. Perforation du tube digestif (AAR, 1981)
10. Les lésions résiduelles comprennent des rétrécissements du tube digestif ainsi que des marques de cicatrices dans le tube digestif (Sax, 1979)
11. État de choc (Sax, 1979)
12. Présence d'albumine, de sang et de cylindres dans l'urine (AAR, 1981)
13. Anurie (AAR, 1981)
14. Insuffisance rénale (Sax, 1979)
15. Mort (GE, 1980)

7.5.3 Contact avec la peau

1. Dermites de contact en cas de contact répété avec des solutions diluées (NIOSH, 1974)
2. Brûlures aux paupières et au visage laissant de profondes cicatrices (NIOSH, 1974)
3. Acide de titre fort: destruction de l'épiderme, nécrose des annexes cutanées, carbonisation, brûlures de la peau (Sax, 1979)
4. Ulcération
5. Si une grande surface de peau est exposée: état de choc, syncope et symptômes identiques à ceux qu'on observe chez les grands brûlés (Sax, 1979)
6. En cas d'aspersion d'acide sulfurique fumant (oléum): oedème pulmonaire consécutif à l'inhalation du liquide et subséquemment, fibrose pulmonaire, bronchite résiduelle et emphysème pulmonaire (Goldman et Hill, 1953, dans NIOSH, 1974)

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Brûlures des paupières et des yeux avec ulcération des tissus (Lefèvre, 1980)
2. Opacification de la cornée
3. Perte de la vue (acide de titre fort) (NIOSH/OSHA, 1981)

7.6 Toxicité des produits de décomposition ou de combustion, pour l'homme

L'acide sulfurique est ignigène, c'est-à-dire qu'il ne prend pas feu (AAR, 1981). Soumis à une forte chaleur, il peut par contre dégager de l'hydrogène inflammable (AAR, 1981). La décomposition et l'oxydation de l'acide sulfurique peut entraîner la formation d'oxydes de

soufre (GE, 1980). Des gaz et des vapeurs toxiques (tels que des fumées d'acide sulfurique et du dioxyde de soufre) peuvent émaner de l'acide sulfurique qui se décompose (NIOSH/OSHA, 1981).

7.6.1 Hydrogène et dioxyde de soufre. – L'hydrogène est incolore, insipide et inodore. Il donne des mélanges explosifs lorsque mélangé à l'air. S'il prend feu, le mélange air-hydrogène dégage une chaleur intense et des flammes difficilement visibles.

En l'absence d'air et d'autres oxydants, l'hydrogène est asphyxiant. Les personnes se trouvant dans une atmosphère dont la teneur en oxygène est inférieure à 18 p. 100 deviennent cyanosées, souffrent de confusion mentale, d'un manque de coordination puis de syncope. La mort survient si le sujet n'est pas rapidement évacué. Aucune TLV® n'est donnée pour l'hydrogène (Doc. TLV, 1981).

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore, ininflammable, hautement soluble, qui dégage une odeur très suffocante. Il est fortement irritant pour les yeux et les voies respiratoires (Merck, 1976). L'irritation des muqueuses serait causée par l'acide sulfureux qui se forme lors de la dissolution de ce gaz. Une exposition de courte durée cause de la bronchoconstriction. La gravité de la réaction est fonction de la teneur à laquelle les sujets sont exposés. La TLV® du dioxyde de soufre est de 2 ppm (8 h – MPT) et 5 ppm (STEL) (Doc. TLV, 1981).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre l'acide sulfurique et divers produits chimiques

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
En général														Bretherick, 1979
Eau	•							•		•				Sax, 1979
Chaleur						•								
Produits chimiques														Bretherick, 1979
Acétaldéhyde				•										NFPA, 1978
Acétate de vinyle	•							•						NFPA, 1978
Acétonitrile	•							•						NFPA, 1978
Acide chlorhydrique	•							•						NFPA, 1978
Acide chlorosulfonique	•							•						NFPA, 1978
Acide fluorhydrique	•							•						NFPA, 1978
Acroléine	•							•						Bretherick, 1979
Acrylonitrile										•			Peut produire un mélange instable	
														Bretherick, 1979
Alcool benzylique			•			•								NFPA, 1978
Alcool allylique	•							•						NFPA, 1978
Aldéhyde butyrique	•							•						NFPA, 1978
Amino-2-éthanol	•							•						NFPA, 1978
Ammoniaque	•							•						NFPA, 1978
Anhydride acétique	•							•						NFPA, 1978
Aniline	•							•						NFPA, 1978
β-Propiolactone	•							•						NFPA, 1978
Carbonate de sodium										•				NFPA, 1978
Carbure d'éthynyl-rubidium		•											Brûle au contact de l'acide	NFPA, 1978
Carbure acétylénique de césium		•											Brûle dans l'acide sulfurique	NFPA, 1978
Chlorate de potassium		•	•											NFPA, 1978
Chlorate de sodium		•	•											NFPA, 1978
Chlorate de zinc		•	•											Bretherick, 1979
Chloro-2 époxy-2,3 propane										•				
Chlorure d'allyle	•				•			•						NFPA, 1978
Cuivre						•							Forme du dioxyde de soufre	Bretherick, 1979

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
Acétone-cyanhydrine			•					•						NFPA, 1978
Cyano-2 propanol-2	•							•		•				Bretherick, 1979
Cyano-2 éthanol										•				NFPA, 1978
Cyclopentadiène		•	•							•				Bretherick, 1979
Éthylènediamine	•							•						NFPA, 1978
Diazido-1,3 benzène		•	•										Faible explosion	Bretherick, 1979
Disiliciure d'hexalithium		•											Devient incandescent et produit des hydrures de silicium qui s'enflamment	Bretherick, 1979
Di-isobutylène	•							•						NFPA, 1978
Épichlorhydrine										•				NFPA, 1978
Éthylène-imine	•							•						NFPA, 1978
Éthylèneglycol	•							•						NFPA, 1978
Hydroxyde de sodium	•							•		•				NFPA, 1978
Iodure de zinc										•				Bretherick, 1979
Isocyanate de phosphore										•				NFPA, 1978
Isoprène	•							•						NFPA, 1978
Acide m-nitrobenzène-sulfonique	•		•											Bretherick, 1979
Nitrobenzène			•	•									Ajouté au nitrobenzène, l'acide sulfurique amène la formation d'hydrogène	Bretherick, 1979
Nitrométhane		•	•										Susceptible d'être déclenchée par un détonateur	Bretherick, 1979
Nitrure cuivreux										•				NFPA, 1978
Nitrure mercurique			•											NFPA, 1978
N-Nitrométhylamine			•		•									Bretherick, 1979
Cyclopentanone-oxime										•			Cause des éruptions	Bretherick, 1979
Oxyde de mésityle	•							•						NFPA, 1978
Oxyde de propylène	•							•						NFPA, 1978
p-(Diméthylamino)-benzaldéhyde	•		•											Bretherick, 1979
p-Nitrotoluène					•					•				Bretherick, 1979

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
Trihydroxydiamido-phosphate de penta-argent		•												NFPA, 1978
Pentafluorure de brome		•									•			Bretherick, 1979
Permanganate de potassium		•												NFPA, 1978
Peroxyde d'hydrogène		•											Explosion forte sans être assourdissante	Bretherick, 1979
Phosphore		•												Bretherick, 1979
Potassium		•												Bretherick, 1979
Pyridine	•							•						NFPA, 1978
Sodium		•											Les acides anhydes réagissent lentement tandis que les acides en phase aqueuse réagissent explosivement	Bretherick, 1979
Styrène (Monomère)	•							•						NFPA, 1978
Sulfate dodécahydraté d'ammonium et de fer (III)	•	•												Bretherick, 1979
t-Butoxyde de potassium		•												NFPA, 1978
Trifluorure de chlore											•			NFPA, 1978
Triperchromate d'ammonium		•						•						NFPA, 1978
Groupes de produits chimiques														
Acides organiques	•					•								EPA-600/2-80-076
Agents réducteurs	•	•	•								•			EPA-600/2-80-076
Métaux alcalins et alcalino-terreux		•	•	•							•		Possibilité de formation d'hydrogène par contact	EPA-600/2-80-076
Alcools et glycols	•					•								EPA-600/2-80-076
Aldéhydes	•					•								EPA-600/2-80-076
Amides	•					•							Formation d'oxyde d'azote	EPA-600/2-80-076
Amines	•					•							Formation d'oxydes d'azote	EPA-600/2-80-076
Bases nitroarylées								•			•			Bretherick, 1979

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
Carbamates	•					•							Peuvent produire des oxydes d'azote et de soufre	EPA-600/2-80-076
Carbures ou acétylures métalliques		•												Bretherick, 1979
Caustiques	•									•				EPA-600/2-80-076
Cétones	•	•				•								EPA-600/2-80-076
Composés nitrés	•					•				•			Produisent de l'oxyde d'azote	EPA-600/2-80-076
Composés azoïques	•		•		•	•							Formation d'azote ou d'oxyde d'azote Peuvent se décomposer en explosant	EPA-600/2-80-076
Composés polymérisables	•			•		•								EPA-600/2-80-076
Cyanures			•			•								EPA-600/2-80-076
Dithiocarbamates	•	•	•		•								Donnent du sulfure de carbone qui peut être enflammé par la chaleur de décomposition	EPA-600/2-80-076
Esters	•	•			•								Les plus inflammables peuvent prendre feu	EPA-600/2-80-076
Explosifs	•		•											EPA-600/2-80-076
Époxydes	•	•		•										EPA-600/3-80-076
Éthers	•	•											Les plus inflammables peuvent prendre feu sous l'effet de la chaleur produite par l'oxydation	EPA-600/2-80-076
Fluorures	•					•							Peuvent donner du fluorure d'hydrogène, gaz toxique et corrosif	EPA-600/2-80-076

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
Hydrocarbures aromatiques	•	•											Peuvent produire une chaleur suffisante pour enflammer le mélange	EPA-600/2-80-076
Isocyanates	•					•							Produisent du dioxyde de carbone ou des oxydes d'azote	EPA-600/2-80-076
Matières combustibles	•	•				•	•							EPA-600/2-80-076
Mercaptans	•			•			•						Peuvent former du sulfure d'hydrogène ou du dioxyde de soufre	EPA-600/2-80-076
Métaux	•			•									Donnent de l'hydrogène	EPA-600/2-80-076
Nitriles	•						•							EPA-600/2-80-076
Nitrures	•		•							•			Donnent du gaz ammoniac	EPA-600/2-80-076
Organophosphorés	•						•							EPA-600/2-80-076
Permanganates			•											Bretherick, 1979
Peroxydes organiques	•		•			•								EPA-600/2-80-076
Phénols et crésols	•													EPA-600/2-80-076
Composés aliphatiques insaturés	•	•												EPA-600/2-80-076
Composés aliphatiques saturés	•												Donnent du dioxyde de carbone	EPA-600/2-80-076
Organohalogénées	•					•	•						Peuvent former du chlorure d'hydrogène et du phosgène	EPA-600/2-80-076
Sulfures				•			•			•			Peuvent former du sulfure d'hydrogène ou du dioxyde de soufre	Bretherick, 1979

8.2 Compatibilité entre l'oléum et divers produits chimiques

La compatibilité entre l'oléum et les produits chimiques énumérés en 8.1 est à peu près la même qu'entre l'acide sulfurique et ces produits. On peut ajouter à cela l'information suivante: une augmentation de température et de pression se produit à l'intérieur d'un récipient clos lorsque l'oléum est mélangé avec les produits suivants: acide acétique, anhydride acétique, acétonitrile, acroléine, acide acrylique, acrylonitrile, alcool allylique, chlorure d'allyle, amino-2 éthanol, ammoniaque, aniline, n-butyraldéhyde, crésol, cumène, éther dichloroéthylique, éther méthylique du diéthylèneglycol, diisobutylène, épichlorhydrine, acétate d'éthyle, cyano-2 éthanol, éthylènediamine, éthylèneglycol, éthylène-imine, glyoxal, acide chlorhydrique, acide fluorhydrique, isoprène, isopropanol, oxyde de trésityle, butanone, acide nitrique, nitro-2 propane, propiolactone, oxyde de propylène, pyridine, hydroxyde de sodium, styrène, sulfolane, acétate de vinyle, ou chlorure de vinylidène (NFPA, 1976) qui peuvent présenter des risques d'explosion (Sax, 1979).

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation originale a même été respectée afin d'éviter toute déformation de sens. Ce faisant, il devenait impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. D'autre part, le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Risques d'incendie. – L'acide sulfurique est un liquide ininflammable. Cependant, s'il s'agit d'un titre fort, il peut enflammer par contact les matériaux combustibles. Il réagit violemment au contact de l'eau, provoquant des éclaboussures, dégageant de la chaleur et entraînant la formation d'un aérosol. Au contact de certains métaux, il peut y avoir production d'hydrogène, gaz explosif (GE, 1980; NFPA, 1978). Enfin, les réactions de décomposition et d'oxydation de l'acide sulfurique peuvent amener la formation d'oxydes de soufre (GE, 1980).

9.1.2 Moyens d'extinction. – Refroidir avec de l'eau pulvérisée les récipients touchés par le feu, afin de diminuer le risque d'une rupture des parois (GE, 1980).
Petit feu: utitiser de la poudre sèche ou du CO_2.
Grand feu: utiliser de l'eau pulvérisée.

Éloigner les récipients du lieu de l'incendie si cela peut être fait sans courir de risque (ERG, 1980). Éviter que l'eau ne pénètre dans les récipients (EAG, 1978).

9.1.3 Évacuation de la zone dangereuse. – Le présent paragraphe fournit des indications quant à la superficie à évacuer. Ces indications, qui sont tirées des sources bibliographiques consultées, ne sont pas toujours accompagnées, malheureusement, de données relatives à la quantité de polluant déversée, à la teneur en polluant de l'air, aux conditions météorologiques et aux caractéristiques du milieu. Aussi est-il recommandé au lecteur de comparer les chiffres qui apparaissent dans le tableau ci-dessous aux valeurs qui peuvent être obtenues en utilisant les méthodes de calcul de la zone dangereuse, à la section 5.3, lesquelles tiennent compte des facteurs susmentionnés.

Zone à évacuer en fonction de la masse déversée

Masse déversée	Rayon de la zone de danger immédiat	Superficie à évacuer, du côté sous le vent pour une sécurité maximale
20 m^2	170 m (222 pas)	1 620 m de longueur sur 810 m de largeur
35 m^2	245 m (322 pas)	2 430 m – 1 620 m –
55 m^2	295 m (398 pas)	3 240 m – 1 620 m –
75 m^2	355 m (465 pas)	3 240 m – 1 620 m –

Dans le cas d'une explosion, la distance minimale de protection contre la volée d'éclats est de 600 m (dans toutes les directions).

9.1.4 Mesures d'intervention en cas de déversements

9.1.4.1 Information générale. – Arrêter ou ralentir l'écoulement du produit si cela ne présente aucun risque. Éliminer tout ce qui pourrait être source d'inflammation. Éviter tout contact avec la peau et éviter d'inhaler (GE, 1980).

Pour supprimer les vapeurs et/ou pour contenir la nappe d'acide sulfurique ou d'oléum, le recours aux produits suivants (Braley, 1982) est recommandé: polycarbonate, sulfate de sodium anhydre, polyacrylamide, méthacrylate de polyméthyle, huile de silicone, perlite expansée et huile sulfonée.

9.1.4.2 Déversements sur le sol. – Si une petite quantité seulement de produit a été déversée, recouvrir l'aire touchée de bicarbonate de sodium ou d'un mélange (50/50) de carbonate de sodium anhydre et de chaux éteinte, puis remuer. Ramasser à la pelle le polluant neutralisé et le mettre dans des récipients en vue de son évacuation. Si l'on ne dispose d'aucun neutralisant, recouvrir l'aire souillée de sable ou de terre qui absorberont le polluant, puis ramasser le tout et déposer cela dans des récipients qui seront évacués (GE, 1980; Ashland MSDS, 1977).

Lorsqu'une grande quantité de produit a été déversée, la neutralisation avec un solide peut devenir difficile si l'on ne dispose pas de moyens suffisants pour réaliser un bon mélange. Il faut alors envisager l'addition de solutions ou de suspensions neutralisantes (CCPA, 1982).

Si une très grande quantité de produit a été déversée, il faut tâcher de confiner la nappe en aménageant soit des digues, soit de petits bassins. Une partie du liquide est ensuite pompé dans une citerne de récupération. Ce qui reste peut être ou bien neutralisé avec du bicarbonate de sodium ou un mélange de carbonate de sodium anhydre et de chaux éteinte, ou bien absorbé avec du sable ou de la terre. Le tout est ramassé à la pelle et mis dans des récipients en vue d'une élimination ultérieure (GE, 1980; Ashland MSDS, 1977).

Le liquide en vrac peut également être absorbé au moyen de suie industrielle (cendres volantes) ou de poussières de ciment (EPA 670/2-75-042). Enfin, signalons l'utilisation possible de sorbants tels que le charbon actif, Dowex, Amberlite, DeSal Process Mixture et Universal Sorbent Material (CG-D-38-76).

9.1.5 Nettoyage et traitement

9.1.5.1 Déversements dans l'eau. – Il est recommandé d'opter pour le bicarbonate de sodium comme neutralisant à utiliser sur place si l'on veut éviter un surdosage qui aurait pour conséquence de trop augmenter le pH et de trop abaisser la chaleur de réaction (CG-D-16-77). D'autres substances peuvent servir à la neutralisation, soit la dolomite calcinée (lorsqu'un surcroît d'alcali est tolérable), l'oxyde de calcium (lorsqu'un surcroît d'alcali est tolérable), l'hydroxyde de calcium (lorsque la formation de gypse ralentit la neutralisation) et le carbonate de sodium (lorsque les teneurs en Ca et en Mg doivent être maintenues basses) (CG-D-38-76).

9.1.5.2 Information générale. – Pour épurer l'eau, il est conseillé de séparer par gravité les solides, puis de neutraliser la solution au moyen d'un mélange (50/50) de carbonate de sodium anhydre et de chaux. Il fait éviter d'ajouter trop rapidement la base, ce qui pourrait causer une réaction violente (EPA 600/2-77-227).

9.1.6 Élimination du polluant. – L'acide sulfurique recueilli sur les lieux d'un déversement ne doit jamais être rejeté dans des eaux de surface ou dans un égout. Après sa neutralisation, sur les lieux du déversement ou dans une installation de traitement des déchets, il se forme une boue qui peut être mise en décharge.

9.1.7 Appareils et vêtements de protection. – Avant d'entrer dans une zone où ni le produit déversé ni ses propriétés ne sont connues, il faut revêtir une combinaison entièrement étanche aux agents chimiques.

Si le produit déversé est de l'acide sulfurique:

- L'équipe d'intervention doit porter des vêtements étanches, des gants, des visières pare-acide (de 20 cm au minimum) et tout autre pièce de vêtement requise pour prévenir tout risque de contact répété ou prolongé de la peau avec l'acide sulfurique ou ses différentes solutions (NIOSH/OSHA, 1981).
- Il est conseillé de porter des lunettes de sécurité étanches, de type monocoque, avec armature en plastique lorsqu'il y a un risque d'éclaboussures à la hauteur des yeux (CIL). Des lunettes anti-éclaboussures ou antiacide peuvent aussi être utilisées (GE, 1980; NIOSH/ OSHA, 1981).
- Le port de gants, tabliers, bottes et combinaisons en caoutchouc est recommandé afin d'empêcher tout contact de l'acide sulfurique avec la peau (GE, 1980). Des gants antiacide à manchettes peuvent également servir (CIL).
- Le PVC est considéré comme un excellent matériau (résistant) pour la fabrication de combinaisons de protection contre l'acide sulfurique (EE-20). Le vinyl est également jugé efficace (CCPA, 1982).
- Un vêtement non imperméable qui est touché par l'acide sulfurique doit être enlevé immédiatement et ne peut être porté à nouveau aussi longtemps que l'acide sulfurique n'en a pas été retiré (NIOSH/OSHA, 1981).
- On doit trouver sur les lieux de l'intervention des bains oculaires automatiques et des douches à fort débit, d'accès facile (GE, 1980).

Le lecteur trouvera dans le tableau qui suit une liste des éléments minimaux de protection des voies respiratoires que requiert une intervention sur les lieux d'un déversement d'acide sulfurique (NIOSH/OSHA, 1981).

Protection respiratoire minimale pour une teneur supérieure à 1 mg/m^3

Situation	Équipement*
Teneur en particules de 50 mg/m^3 ou moins	Masque à gaz avec cartouche antivapeurs acides montée sous le menton ou montée à l'avant ou à l'arrière de la tête et muni d'un filtre antiparticules de rendement élevé.
	Respirateur filtrant antiparticules de rendement élevé, combiné à un masque complet. Tout respirateur à adduction d'air, combiné à un masque complet, un casque ou une cagoule. Tout appareil respiratoire autonome combiné à un masque complet.
100 mg/m^3 ou moins	Respirateur à adduction d'air de type C, combiné à un masque complet fonctionnant à pression réglable ou à tout autre mode de surpression ou à un masque, un casque ou une cagoule à débit constant.
Teneur supérieure à 100 mg/m^3 entrée dans une zone à teneur inconnue ou évacuation	Respirateur autonome combiné à un masque complet à pression réglable ou à tout autre mode de surpression.
	Ensemble comprenant un respirateur à adduction d'air de type C et un masque complet à pression réglable, à tout autre mode de surpression ou à débit constant et un respirateur autonome à pression réglable ou à tout autre mode de surpression.
Lutte contre un incendie	Respirateur autonome combiné à un masque complet à pression réglable ou à tout autre mode de surpression.

Évacuation des lieux	Masque à gaz avec cartouche antivapeurs acides montée sous le menton ou montée à l'avant ou à l'arrière de la fête et muni d'un filtre antiparticules de rendement élevé. Tout respirateur autonome permettant d'évacuer les lieux.

* Seul l'équipement approuvé par le NIOSH ou l'OSHA doit être utilisé.

9.1.8 **Précautions spéciales**. – Les touries ou les fûts d'acide sulfurique doivent être entreposés dans un endroit propre, bien aéré, dont le plancher est fait de matériaux antiacide et possède un bon système de drainage. Les récipients ne doivent pas être exposés à la lumière directe, ni entreposés à une température supérieure à 32 °C. Il ne doit y avoir dans cet endroit ni poudres métalliques, ni chromates, ni chlorates, ni nitrates, ni carbures, ni produits susceptibles d'oxydation, etc. En cas d'urgence, il est nécessaire de garder du carbonate de sodium anhydre, du sable ou de la chaux là où le produit est entreposé ou là où l'on s'en sert. Il faut éviter que les récipients ne soient heurtés. S'il y a de l'acide sulfurique dans une bouteille de verre, de grandes précautions s'imposent. Cet acide corrode fortement les métaux, en particulier au-dessous de 77 p. 100 de H_2SO_4. Ne jamais ajouter d'eau à un acide de titre fort. N'utiliser que des outils qui ne dégagent pas d'étincelles et éliminer les installations électriques qui ne seraient pas à l'épreuve des vapeurs (GE, 1980).

9.2 Équipement et produits spécialisés d'intervention

La brève liste qui suit est extraite d'une étude publiée en 1982 par Dillon et elle exclut évidemment beaucoup d'articles parfaitement utilisables au cours des interventions. (Le lecteur trouvera dans l'étude citée des renseignements relatifs aux caractéristiques, à l'efficacité et à la disponibilité des articles énumérés.)

Colmatage de fuite:	Plug N'Dike™
Confinement sur le sol:	Bentonite Soil Sealants
Stockage provisoire:	Portable Collection Bag System
Sorbant:	Hazorb

10 CAS DE DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS

10.1 Renversement d'un camion-citerne

L'exemple suivant est tiré d'une communication personnelle qui figure à l'entrée Summary Report 1981 de la liste de références.

Un camion-citerne transportant environ 18 000 kg d'acide sulfurique de titre fort s'est renversé, déversant en bordure de la route environ 95 p. 100 de son chargement. Le liquide s'est répandu jusqu'à recouvrir une surface de sol d'à peu près 1 150 m^2 (soit 230 m de longueur sur 5 m de largeur). On n'a pas craint pour l'environnement, le sol étant gelé et aucune habitation n'étant située près du lieu de l'accident. Même un ruisseau voisin n'a pas été touché.

L'équipe de secours qui est accourue sur place possédait des combinaisons antiacide en PVC, ainsi que des bottes et des gants en caoutchouc, mais elle était dépourvue de tout appareil respiratoire. De la chaux fut apportée sur les lieux de l'accident et répandue sur le polluant. Une couche de sol fut ensuite enlevé et transporté jusqu'à une décharge voisine. On préleva des échantillons de sol là où il y avait eu excavation et les analyses révélèrent la présence d'un reste d'acide sulfurique.

De nouveau, de la chaux fut apportée; puis elle fut mélangée au sol déjà mis à découvert. (Au total, plus de 300 sacs de 45 kg de chaux furent utilisés au cours des travaux de nettoyage.) Une couche de sol de 1 m fut enlevée et transportée sur un chantier de construction où l'on mélangea ce sol aux matériaux utilisés pour établir l'assise d'une route. Sur les lieux de l'accident, la fosse créée par les travaux de nettoyage fut comblée avec de la terre propre.

10.2 Bris d'un réservoir de stockage

L'ensemble suivant est tiré d'une communication personnelle qui figure à l'entrée PC MWC 1982 de la liste de références.

Un réservoir de stockage, contenant de l'acide sulfurique en solution à 92 p. 100, a commencé à perdre son contenu par suite de la corrosion du bouchon d'acier situé au bas du réservoir et de la dissolution de la bride. Environ 10 000 litres d'acide sulfurique se déversèrent sur le sol. Les employés qui se trouvaient sur place creusèrent deux trous, d'une profondeur de 1,5 m de profondeur et d'un diamètre de 1,5 m, dans le but d'y contenir l'acide. L'accident étant survenu au début d'un long week-end de congé, aucune mesure de nettoyage ne fut prise au cours des deux jours qui suivirent l'accident.

L'équipe de nettoyage arriva sur les lieux le troisième jour. De la chaux fut répandue tout autour des trous afin de neutraliser en partie l'acide et de faire obstacle à sa migration hors de ce périmètre. L'acide fut pompé dans une citerne, puis neutralisé jusqu'à un pH de 7 en y ajoutant de la chaux. La boue obtenue fut transportée dans une décharge située non loin. Le sol pollué fut remué jusqu'à une profondeur de 0,5 m, mélangé à de la chaux, puis remis en place de façon à reconstituer la surface initiale. (Au total, 12 000 kg de chaux furent nécessaires pour mener à bien les travaux de nettoyage et de traitement.)

On n'a observé aucune incidence sur l'environnement. Le sol fortement argileux où s'est produit le déversement n'a pas permis à l'acide de migrer plus profondément. Il est à noter, néanmoins, que la société qui a été victime de cet accident n'était pas préparée à une telle éventualité et qu'elle ne possédait pas le matériel requis dans un cas de déversement.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyses quantitatives)

11.1.1 Titrage. – La méthode décrite ci-dessous a été établie par le NIOSH en 1974; elle peut servir à doser l'acide sulfurique présent dans l'air à des teneurs comprises entre 0,561 et 2,577 mg/m^3 (0,14 et 0,64 ppm); elle est précise à ± 0,082 mg/m^3.

L'appareil de filtration utilisé comporte une membrane filtrante en ester cellulosique; cette membrane, qui a un diamètre de 37 mm et des pores de 0,8 μm, est maintenue en place par un coussinet en cellulose et logée dans un triple support en polystyrène, de 37 mm de diamètre. Un échantillon de 180 litres est recueilli à raison de 1,5 l/mn. Dans les 60 minutes qui suivent la fin du prélèvement, le filtre doit être placé dans une bouteille propre, munie d'un bouchon vissé. L'extraction se fait à l'aide d'alcool isopropylique; ce dernier est ensuite titré avec du perchlorate de baryum, la thorine servant d'indicateur. La plupart des ions métalliques se combinent avec la thorine servant d'indicateur pour former des complexes colorés. L'avantage de cette méthode, c'est que le dispositif d'échantillonnage est pratique, peu encombrant et n'implique l'intervention d'aucun liquide. Le titrage est simple et rapide. La méthode ne fait pas de distinction entre l'acide sulfurique et les autres sulfates. Il convient de mesurer par ailleurs l'acidité afin de déterminer la part de sulfates qui se présente sous forme d'acide.

On peut aussi utiliser de l'hydroxyde de sodium pour le titrage (Patton, 1963). L'indicateur coloré est alors soit le bleu de bromophénol, soit la phénolphtaléine. Cette méthode est simple, directe et facile à utiliser, mais elle ne vaut pas que pour l'acide sulfurique. Elle suppose l'absence de toute base ou de tout autre acide.

11.1.2 Chromatographie d'échange d'ions. – La méthode décrite ci-dessous (Hussar, 1978) permet de déterminer des teneurs en sulfates de la solution d'extraction aussi faibles que 0,02 μg/ml.

Le prélèvement est fait au moyen d'un échantillonneur standard. Le filtre est soumis à une extraction par acide perchlorique et ultrasons. Une partie aliquote de 5 ml de l'extrait est mélangée à part égale à un éluant étalon de bicarbonate de sodium 0,003 molaire et à une

solution de carbonate de sodium 0,0024 molaire. Une quantité adéquate du mélange est injectée dans un chromatographe d'échange d'ions. Les aires des pics et les temps de rétention servent à quantifier et à identifier les substances étudiées, en fonction des étalons. La présente méthode peut être utilisée pour un large éventail de teneurs.

11.1.3 **Photométrie de flamme.** – L'utilisation d'un analyseur d'acide sulfurique muni d'un détecteur à photométrie de flamme (EPA-600/52-81-013) permet de doser l'acide sulfurique présent dans l'air à des teneurs aussi faibles que 0,26 $\mu g/m^3$ (0,07 ppb).

De l'air est introduit dans l'analyseur où il est mélangé avec de l'air humide puis du chlorure d'hydrogène gazeux (dilué). L'échantillon gazeux passe alors par une étuve; là, il est rapidement chauffé puis condensé sur les parois d'un collecteur. Le détecteur est relié directement à la partie en amont du collecteur et reçoit en continu de l'hydrogène (140 ml/mn) et l'échantillon gazeux (200 ml/mn). Le chlorure d'hydrogène est utilisé pour éviter que des substances étrangères telles que l'ammoniac, le dioxyde de soufre ou des sulfates d'ammonium ne viennent fausser les résultats. À noter qu'il s'agit d'une méthode appelée à subir des tests d'évaluation et à connaître des perfectionnements.

11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)

L'échantillon est recueilli comme en 11.1.1, puis 1 ml de l'échantillon est acidifié avec une solution d'acide chlorhydrique 6 molaire. On ajoute 1 ml d'une solution de chlorure de baryum 1 molaire. C'est l'apparition d'un fin précipité blanc qui indique la présence de l'ion sulfate (Welcher, 1955).

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyses quantitatives)

11.3.1 **Gravimétrie.** – L'analyse gravimétrique (ASTM, 1979; AWWA, 1976) permet de doser des sulfates présents dans l'eau à des teneurs comprises entre 20 et 100 ppm. Cette fourchette de teneurs peut fluctuer vers le haut ou vers le bas selon le volume de l'échantillon. La précision est de ± 1 p. 100. Comme cette méthode mesure l'ion sulfate, les autres sulfates présents, tel le gypse naturel, sont aussi mesurés.

L'échantillon est filtré s'il est trouble. Le pH est réglé sur le point de virage de l'orange de méthyl avec une solution d'acide chlorhydrique à 10 p. 100 et l'on rajoute en surplus 10 ml d'acide chlorhydrique. La solution est chauffée et l'on y ajoute une solution de chlorure de baryum à 11,8 p. 100 jusqu'à ce que la précipitation soit complète. Le sulfate de baryum précipité est filtré, lavé et enflammé pour que le carbone se consomme entièrement. S'il y a du silicium présent, on rajoute de l'acide fluorhydrique concentré pour l'expulser sous forme de SiF_4. Le résidu est réenflammé, refroidi et pesé. La méthode vaut pour tous les types d'eau, mais elle est fastidieuse et demande beaucoup de temps. Le calcium nuit à l'analyse puisqu'il est lui aussi fortement précipité.

11.3.2 **Turbidimétrie.** – La méthode décrite ci-dessous (ASTM, 1979; AWWA, 1976) permet de doser les ions sulfates présents dans l'eau à des teneurs comprises entre 10 et 110 ppm; sa précision est de ± 5 p. 100 ou 2 mg/l, la plus grande des deux valeurs prévalant.

S'il est trouble, l'échantillon est filtré et sa température est réglée entre 15 et 30 °C. Un réactif de conditionnement est ajouté afin de stabiliser la solution et d'éliminer toute interférence.

Il s'agit d'un mélange de 50 ml de glycérol et d'une solution contenant 30 ml d'acide chlorhydrique concentré, 300 ml d'eau distillée, 100 ml d'alcool éthylique à 95 p. 100 ou d'alcool isopropylique et 75 g de chlorure de sodium. Une portion de 100 ml de l'échantillon est mélangée à 5 ml de réactif de conditionnement. Tout en agitant la solution, on ajoute des cristaux de chlorure de baryum et l'on continue à agiter pendant 1 minute. Les ions sulfates se trouvent alors convertis en une suspension de sulfate de baryum. Le degré de turbidité est déterminé à l'aide d'un colorimètre photoélectrique ou d'un spectrophotomètre, la comparaison se faisant par rapport à une courbe d'étalonnage. Les produits colorés ainsi que les matières en suspension insolubles gênent l'analyse. La méthode est tout indiquée pour des mesures rapides et répétitives ou des tests de vérification qui ne requièrent pas une précision ou une exactitude très grandes.

11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)

L'échantillon est recueilli comme en 11.3.1, puis 1 ml de l'échantillon est acidifié avec de l'acide chlorhydrique 6 molaire. On ajoute ensuite 1 ml d'une solution de chlorure de baryum 1 molaire. C'est l'apparition d'un fin précipité blanc qui indique la présence de l'ion sulfate (Welcher, 1955).

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyses quantitatives)

11.5.1 Chromatographie d'échange d'ions. – La méthode décrite ci-dessous (Dionex, 1978) permet de doser des sulfates présents à une teneur aussi faible que 3 ppm dans une solution d'extraction de chlorure de lithium. La précision est de ± 3 p. 100. Comme l'ion sulfate est mesuré, la quantité totale d'ions sulfates présents est mesurée.

Un échantillon de 5 g de sol est prélevé. La solution à analyser est extraite en recourant à une solution de chlorure de lithium 0,001 molaire, centrifugée et filtrée. La prise d'essai est injectée dans un chromatographe d'échange d'ions et quantifiée en mesurant les temps de rétention et les hauteurs des pics. Il s'agit d'une méthode simple qui requiert cependant un matériel spécialisé.

11.5.2 Gravimétrie. – L'analyse gravimétrique (Hesse, 1972) permet de doser des sulfates présents dans la solution extraite à des teneurs comprises entre 20 et 100 ppm. Si la teneur du sol en acide sulfurique est très forte, la quantité de sol à prélever n'a pas à être bien grande.

La solution à analyser est extraite d'un échantillon de sol de masse connue en recourant à une solution d'extraction d'acétate de sodium et d'acide acétique tamponnée à un pH de 4,5. Du sol et de la solution d'extraction, dans un rapport de 1 à 5, sont vigoureusement agités pendant 30 minutes, puis centrifugés et filtrés. Une partie aliquote appropriée est prélevée. Le pH est alors réglé sur le point de virage de l'orange de méthyl à l'aide d'acide chlorhydrique 1 molaire et l'on rajoute 1 ml d'acide chlorhydrique supplémentaire. On rajoute ensuite du chlorure de baryum tout en chauffant et l'on secoue. Le liquide est enlevé et le précipité de sulfate de baryum séché toute la nuit en le chauffant à 105 °C. Il est ensuite refroidi et pesé. Cette analyse est bien indiquée dans le cas d'échantillons ayant une forte teneur en acide sulfurique. Elle est précise et exacte, mais fastidieuse et lente. Elle convient mal aux situations qui appellent des résultats rapides.

11.5.3 Turbidimétrie. – La méthode décrite ci-dessous (Hesse, 1972) permet de doser des sulfates présents dans la solution à analyser à des teneurs comprises entre 2 et 10 ppm. La fourchette des teneurs est fonction de la masse de sol utilisée.

La solution à analyser est extraite d'un échantillon de sol de masse connue en recourant à une solution d'extraction d'acétate de sodium et d'acide acétique tamponnée à un pH de 4,5. Du sol et de la solution d'extraction, dans un rapport de 1 à 5, sont vigoureusement agités pendant 30 minutes, puis centrifugés et filtrés. Une partie aliquote appropriée est prélevée, à laquelle est ajoutée une solution de chlorure de fer (III). On ajoute goutte à goutte de l'hydroxyde de sodium tout en secouant le mélange. La solution est alors filtrée ou centrifugée, acidifiée avec de l'acide acétique et diluée jusqu'à obtenir le volume voulu. Du chlorure de baryum est ajouté à une partie aliquote appropriée de l'extrait clair, puis mélangé. On ajoute une solution de gomme d'acacia et l'extrait est dilué jusqu'à obtenir le volume voulu puis mélangé. La turbidité est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 490 nm ou avec un filtre bleu. La courbe d'étalonnage doit s'appliquer à une plage de teneurs en soufre s'étendant de 0 à 10 $\mu g/cm^3$. La présence de calcium vient modifier les résultats, le sulfate de calcium étant lui aussi précipité. La méthode est tout indiquée pour des mesures rapides à caractère courant ou des tests de vérification qui ne requièrent pas une précision ou une exactitude très grandes.

11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

L'échantillon est recueilli comme en 11.5.1, puis 1 ml de l'échantillon est acidifié avec de l'acide chlorhydrique 6 molaire. On ajoute ensuite 1 ml d'une solution de chlorure de baryum 1 molaire. C'est l'apparition d'un fin précipité blanc qui indique la présence de l'ion sulfate (Welcher, 1955).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE*

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

AAR 1982: The Association of American Railroads, Private Communication. (1982).

ASA 1978: Allied Chemical Corporation, Sulphuric Acid, Morristown, New Jersey. (1978).

Ashland MSDS 1977: Ashland Chemical Company, Material Safety Data Sheet - Sulphuric Acid 66°Bé, Columbus, Ohio. (November, 1977).

ASS: Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

ASTM 1979: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, DS16-68. (1979).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

AWWA 1976: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 493-496. (1976).

Braley 1982: Braley, G.K., "Treatment of Sulphuric Acid Spillages", Imperial Chemical Industries, Mond Division, Cheshire, England, Proceedings of the 1982 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, Milwaukee, Wisconsin. (April, 1982).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCP 1981: "Canada Strong in Sulphuric Acid", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, pp. 18-19. (October, 1981).

CCPA 1982: Canadian Chemical Producers Association, Private Communication. (1982).

CCR 1978: Department of Industry, Trade and Commerce, Canadian Chemical Register, Ottawa, Canada. (1978).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

CG-D-16-77: Drake, E. et al., A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Disperse Through the Water Column, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-16-77. (July, 1976).

* Listes reproduites de l'édition anglaise

CG-D-38-76: Bauer, W.H., Borton, D.N. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

CIL: Canadian Industries Limited, Sulphuric Acid, Willowdale, Ontario. Not dated.

Cities MSDS: Cities Service Company, Material Safety Data Sheet - Oleum, Atlanta, Georgia. Not dated.

Corpus 1981: Corpus Information Services Ltd., "Sulphuric Acid", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (15 June 1981).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

CSA 1976: Canadian Industries Limited, Sulphuric Acid, Montreal, Quebec. (1976).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dillon 1982: M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Prepared for Environment Canada, Ottawa, Canada. (In preparation, 1982).

Dionex 1978: Wetzel, R., Menear, J., Applications Note No. 8, Dionex Corp., Sunnyvale, California. (May, 1978).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

Doull 1980: Doull, J., Klaassen, C.D., Amdur, M.O., Casarett's and Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons, Second Edition, Collier Macmillan Canada Inc., Toronto, Ontario. (1980).

Dow SA: Dow Chemical Company, Sulphuric Acid, Midland, Michigan. Not dated.

DPIMR 1981: "Sulphuric Acid", Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 15, No. 5, pp. 80-83. (May/June, 1981).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

EAG 1978: U.S. Department of Transportation, Emergency Action Guide for Selected Hazardous Materials, U.S. D.O.T. Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1978).

Ebara 1980: Ebara, T., "Sulphuric Acid Test on Rear", Ibaraki-ken Kogai Giijutsi Senta Nempo, Vol. 12, pp. 33-35. (1980).

Eco/Log 1981: "Cominco Moves to Reduce SO_2 Emissions, Clean Up Effluents", Eco/Log, Vol. 9, No. 44, pp. 2-3. (13 November 1981).

EE-20: Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Prepared for Environmental Protection Service, Environment Canada, Manuscript EE-20. Unpublished report. (1981).

Ellis 1967: Ellis, M.M., Detection and Measurement of Stream Pollution, Biology of Water Pollution, U.S. Dept. of Interior (FWPCA), pp. 129, 185. (1967).

EPA-440/9-75-009: Environmental Protection Agency, Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Cntrol Act, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Planning and Standards, Washington, D.C., EPA-440/9-75-009. (November, 1975).

EPA-600/2-77-227: Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA-600/2-77-227. (November, 1977).

EPA-600/2-80-076: Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

EPA-600/52-81-013: Barden, J.D., Analysis System for Total Sulphuric Acid in Ambient Air - Development and Preliminary Evaluation, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, EPA-600/52-81-013. (May, 1981).

EPA-670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA-670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

GE 1980: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (October, 1980).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

Hesse 1972: Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, p. 321. (1972).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

Hussar 1978: Hussar, R.B. et al. (ed.), Sulphur in the Atmosphere, United Nations Environment Program, Pergamon Press, Elmsford, New York, p. 55. (1978).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

JANAF 1971: Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June, 1971).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lang 1979: Lang, D.C., Effects of Sulphuric Acid Aerosols on Vegetation, Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA-600/3-79-002. (1979).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Liekauf 1981: Liekauf, G., Yeates, D.B., Wales, K.A., Spektor, D., Albert, R., Lippmann, M., "Effects of Sulphuric Acid Aerosol on Respiratory Mechanics and Mucociliary Particle Clearance in Healthy Non-Smoking Adults", American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 42, No. 4, pp. 273-282. (1981).

Lippmann 1980: Lippmann, M., Schlesinger, R.B., Liekauf, G., "Effects of Sulphuric Acid Aerosol Inhalations", American Journal of Industrial Medicine, Vol. 1, No. 3/4, pp. 375-381. (1980).

MCA 1963: Manufacturing Chemists Association, Chemical Safety Data Sheet, Washington, D.C. (1963).

Merck 1976: Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1974: National Institute for Occupational Safety and Health, Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Sulphuric Acid, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, Ohio, NIOSH 74-128. (1974).

NIOSH 1977: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 174., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NIOSH 1981: U.S. Department of Health and Human Services, Review and Evaluation of Recent Literature, Occupational Exposure to Sulphuric Acid, Washington, D.C., NIOSH Publication No. 82-104. (1981).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, D.C. (1978).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

NRCC 1977: National Research Council of Canada, Sulphur and Its Inorganic Derivatives in the Canadian Environment, NRCC No. 15015, Ottawa, Canada. (1977).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Patton 1963: Patton, W.F., Brink, J.A. Jr., "New Equipment and Techniques for Sampling Chemical Process Gases", JAPCA, Vol. 13, p. 162. (1963).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

PC EPS 1982: Personal Communication, Environmental Protection Service, Nova Scotia, Environment Canada, Halifax, Nova Scotia. (20 January 1982).

PC MWC 1982: Personal Communication, Marten Wild of Canada, Amherst, Nova Scotia. (21 January 1982).

PC SE 1982: Personal Communication, Saskatchewan Environment, Regina, Saskatchewan. (19 January 1982).

Portman 1970: Portman, J.E., The Toxicity of 120 Substances to Marine Organisms, Shellfish Information Leaflet, Fisheries Experimental Station, Conway, N. Wales, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. (September, 1970).

Proctor 1978: Proctor, N.H., Hughes, J.P., Chemical Hazards of the Workplace, J.B. Lippincott Company, Toronto, Ontario. (1978).

RMLTHH 1972: Back, K.C., Thomas, A.A., MacEwen, J.E., Reclassification of Materials Listed As Transportation Health Hazards, Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson Airforce Base, Ohio. (1972).

Roberts 1980: Roberts, T.M., Clarke, T.A., Ineson, P. et al., "Effects of Sulphur Deposition on Litter Decomposition and Nutrient Leaching in Coniferous Forest Soils", NATO Conf. Ser. 1: Eff. Acid Precipitation Terr. Ecosyst., Vol. 4, pp. 381-393. (1980).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

RTDCR 1974: Regulations for the Transport of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

RTECS (on-line) 1981: National Institute for Occupational Safety and Health, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, U.S. Department of Health and Human Services. Microfiche. (October, 1981).

Sask 1981: Saskatchewan Labour, Occupational Health and Safety Branch, "Occupational Health and General Regulations", Saskatchewan Regulation 55/81, Regina, Saskatchewan. (1981).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve 1977: Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1977).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Summary Report 1981: Summary Report, Cleanup of March 5, 1981 Acid Spill near La Loche, Saskatchewan Environment, Regina, Saskatchewan. (April 16, 1981).

Tang et al. 1982: Tang, I.N., Wong, W.T., Munkelwitz, H.R., "Laboratory Study of Sulfuric Acid Spill Characteristics Pertaining to Maritime Accidents", Environmental Science and Technology, Vol. 16, pp. 587-593. (1982).

Tanner 1981: Tanner, R.L., Leaderer, B.P., Spengler, J.D., "Acidity of Atmospheric Aerosols", Environmental Science and Technology, Vol. 15, No. 10, pp. 1150-1153. (October, 1981).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment With Intended Changes for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

TOX TIPS 1981: Toxicology Testing in Progress, Sponsored by Toxicology Information Subcommittee, DHEW Committee to Coordinate Environmental and Related Programs. Available from the National Library of Medicine and NTIS. (1981).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

USDHEW 1977: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW NIOSH No. 77-181. (1977).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Wedding 1979: Wedding, J.B., Ligotke, M.W., Hess, F.D., "Effects of Sulphuric Acid Mist on Plant Canopies", Environmental Science and Technology, Vol. 13, No. 7, pp. 875-878. (1979).

Wedding 1981: Wedding, J.N., Ligotke, M.W., Physiological Effects of Sulphuric Acid Mist on Plant Canopies, Prepared for U.S. Government Reports Announcements and Index, No. 23. (1981).

Welcher 1955: Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 456-457. (1955).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQC 1972: National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C. (1972).

WQCDB-2 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, pp. 237, 239. (July, 1971).

WQS 1979: McNeily, R.N., Neimans, V.P., Dwyer, L., Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1979).

12.2 Bibliographie

Allied Chemical Corporation, Sulphuric Acid, Morristown, New Jersey. (1978).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV•s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Cahnges for 1981, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 31: Water, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, DS16-68. (1979).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 493-496. (1976).

Ashland Chemical Company, Material Safety Data Sheet - Sulphuric Acid 66°Bé, Columbus, Ohio. (November, 1977).

Association of American Railroads, Private Communication. (1982).

Atlas Steel, Atlas Stainless Steels, Toronto, Ontario. Not dated.

Back, K.C., Thomas, A.A., MacEwen, J.E., Reclassification of Materials Listed As Transportation Health Hazards, Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson Airforce Base, Ohio. (1972).

Barden, J.D., Analysis System for Total Sulphuric Acid in Ambient Air - Development and Preliminary Evaluation, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, EPA-600/52-81-013. (May, 1981).

Bauer, W.H., Borton, D.N. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-38-76. (August, 1975).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

Braley, K., "Treatment of Sulphuric Acid Spillages", Imperial Chemical Industries, Mond Division, Cheshire, England. Proceedings of the 1982 National Conference on Control of Hazardous Material Spills, Milwaukee, Wisconsin. (April, 1982).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Buchan, Lawton, Parent Ltd., A Survey of Self-Contained Breathing Apparatus and Totally-Encapsulated Chemical Protection Suits, Unedited Version. Not dated.

"Canada Strong in Sulphuric Acid", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, pp. 18-19. (October, 1981).

Canadian Chemical Producers Association, Private Communication. (1982).

Canadian Industries Limited, Sulphuric Acid, Willowdale, Ontario. Not dated.

Canadian Industries Limited, Sulphuric Acid, Montreal, Quebec. (1976).

Canadian Transport Commission, Regulation and Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Ottawa, Ontario. (1974).

Cities Service Company, Material Safety Data Sheet - Oleum, Atlanta, Georgia. Not dated.

"Cominco Moves to Reduce SO_2 Emissions, Clean Up Effluents", Eco/Log, Vol. 9, No. 44, pp. 2-3. (13 November 1981).

Corpus Information Services Ltd., "Sulphuric Acid", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (15 June 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Department of Industry, Trade and Commerce, Canadian Chemical Register, Ottawa, Canada. (1978).

M.M. Dillon Ltd., Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, prepared for Environment Canada, Ottawa, Canada. (In preparation, 1982).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Doull, J., Klaassen, C.D., Amdur, M.O., Casarett's and Doull's Toxicology - The Basic Science of Poisons, Second Edition, Collier Macmillan Canada Inc., Toronto, Ontario. (1980).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Sulphuric Acid, Midland, Michigan. Not dated.

Drake, E. et al., A Feasibility Study of Response Techniques for Discharges of Hazardous Chemicals that Disperse Through the Water Column, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-D-16-77. (July, 1976).

Ebara, T., "Sulphuric Acid Test on Rear", Ibaraki-ken Kogai Giijutsi Senta Nempo, Vol. 12, pp. 33-35. (1980).

Ellis, M.M., Detection and Measurement of Stream Pollution, Biology of Water Pollution, U.S. Dept. of Interior (FWPCA), pp. 129, 185. (1967).

Environmental Protection Agency, Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Control Act, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Planning and Standards, Washington, D.C., EPA-440/9-75-009. (November, 1975).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Inorganic Chemical Pollution of Freshwater, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 2, pp. 237, 239. (July, 1971).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (October, 1980).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

Hesse, P.R., A Textbook of Soil Chemical Analysis, Chemical Publishing Co. Inc., New York, New York, p. 321. (1972).

Huibregtse, K.R. et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA-600/2-77-227. (November, 1977).

Hussar, R.B. et al. (ed.), Sulphur in the Atmosphere, United Nations Environment Program, Pergamon Press, Elmsford, New York, p. 55. (1978).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Lang, D.S., Effects of Sulphuric Acid Aerosols on Vegetation, Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA-600/3-79-002. (1979).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania. (1980).

Liekauf, G., Yeates, D.B., Wales, K.A., Spektor, D., Albert, R., Lippmann, M., "Effects of Sulphuric Acid Aerosol on Respiratory Mechanics and Mucociliary Particle Clearance in Healthy Non-Smoking Aduits", American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 42, No. 4, pp. 273-282.

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Lippmann, M., Schlesinger, R.B., Liekauf, G., "Effects of Sulphuric Acid Aerosol Inhalations", American Journal of Industrial Medicine, Vol. 1, No. 3/4, pp. 375-381. (1980).

Manufacturing Chemists Association, Chemical Safety Data Sheet, Washington, D.C. (1963).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

McNeily, R.N., Neimans, V.P., Dwyer, L., Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1979).

National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C. (1972).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, U.S. Department of Health and Human Services. Microfiche. (October, 1981).

National Institute for Occupational Safety and Health, Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Sulphuric Acid, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Cincinnati, Ohio, NIOSH 74-128. (1974).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 174., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

National Research Council of Canada, Sulphur and Its Inorganic Derivatives in the Canadian Environment, NRCC No. 15015, Ottawa, Canada. (1977).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (general) as amended. (1971).

Patton, W.F., Brink, J.A. Jr., "New Equipment and Techniques for Sampling Chemical Process Gases", JAPCA, Vol. 13, p. 162. (1963).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Personal Communication, Saskatchewan Environment, Regina, Saskatchewan. (19 January 1982).

Personal Communication, Environmental Protection Service, Nova Scotia, Environment Canada, Halifax, Nova Scotia. (20 January 1982).

Personal Communication, Marten Wild of Canada, Amherst, Nova Scotia. (21 January 1982).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA-670/2-75-042. (June, 1975).

Portman, J.E., The Toxicity of 120 Substances to Marine Organisms, Shellfish Information Leaflet, Fisheries Experimental Station, Conway, N. Wales, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. (September, 1970).

Proctor, N.H., Hughes, J.P., Chemical Hazards of the Workplace, J.B. Lippincott Company, Toronto, Ontario. (1978).

Roberts, T.M., Clarke, T.A., Ineson, P. et al., "Effects of Sulphur Deposition on Litter Decomposition and Nutrient Leaching in Coniferous Forest Soils", NATO Conf. Ser. 1: Eff. Acid Precipitation Terr. Ecosyst., Vol. 4, pp. 381-393. (1980).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Saskatchewan Labour, Occupational Health and Safety Branch, "Occupational Health and General Regulations", Saskatchewan Regulation 55/81, Regina, Saskatchewan. (1981).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shreve, R.N., Brink, J.A., Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1977).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Stull, D.R., Prophet, H., JANAF Thermochemical Tables, Second Edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, D.C. (June 1971).

"Sulphuric Acid", Dangerous Properties of Industrial Materials Report, Vol. 15, No. 5, pp. 80-83. (May/June, 1981).

Summary Report, Ceanup of March 5, 1981 Acid Spill near La Loche, Saskatchewan Environment, Regina, Saskatchewan. (April 16, 1981).

Tang, I.N., Wong, W.T., Munkelwitz, H.R., "Laboratory Study of Sulphuric Acid Spill Characteristics Pertaining to Maritime Accidents", Environmental Science and Technology, Vol. 16, pp. 587-593. (1982).

Tanner, R.L., Leaderer, B.P., Spengler, J.D., "Acidity of Atmospheric Aerosols", Environmental Science and Technology, Vol. 15, No. 10, pp. 1150-1153. (October, 1981).

Toxicology Testing in Progress, Sponsored by Toxicology Information Subcommittee, DHEW Committee to Coordinate Environmental and Related Programs. Available from the National Library of Medicine and NTIS. (1981).

Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

U.S. Department of Health and Human Services, Review and Evaluation of Recent Literature, Occupational Exposure to Sulphuric Acid, DHHS (NIOSH), Washington, D.C., NIOSH Publication No. 82-104. (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Occupational Diseases. A Guide to Their Recognition, National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW NIOSH No. 77-181. (1977).

U.S. Department of Transportation, Emergency Action Guide for Selected Hazardous Materials, U.S. D.O.T. Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

Wedding, J.B., Ligotke, M., Hess, F.D., "Effects of Sulphuric Acid Mist on Plant Canopies", Environmental Science and Technology, Vol. 13, No. 7, pp. 875-878. (1979).

Wedding, J.N., Ligotke, M.W., Physiological Effects of Sulphuric Acid Mist on Plant Canopies, Prepared for U.S. Government Reports Announcements and Index, No. 23. (1981).

Welcher, F.J., Hahn, R.B., Semimicro Qualitative Analysis, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, pp. 456-457. (1955).

Wetzel, R., Menear, J., Applications Note No. 8, Dionex Corp., Sunnyvale, California. (May, 1978).

Windholz, M., Budavari, S., Stroumtsos, L.Y., Fertig, M.N. (ed.), The Merck Index, Ninth Edition, Merck & Co. Inc., Rahway, New Jersey. (1976).